

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F02B 75/28 (2006.01)

F02F 1/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02828207.8

[45] 授权公告日 2008 年 2 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 100366874C

[22] 申请日 2002.10.2 [21] 申请号 02828207.8

[30] 优先权

[32] 2001.12.18 [33] US [31] 60/341,781

[86] 国际申请 PCT/US2002/031438 2002.10.2

[87] 国际公布 WO2003/106827 英 2003.12.24

[85] 进入国家阶段日期 2004.8.18

[73] 专利权人 机械革新有限公司

地址 美国佛罗里达州

[72] 发明人 吉恩·贝弗利 乔治·克尔希

丹尼尔·C·米克尔森

鲁道夫·诺沃提尼 若尔·奥斯梅

萨姆·欧文 吉姆·兰尼

罗伯特·塞勒斯

里克·L·赛兹莫尔 尼尔·康德

[56] 参考文献

US6138630A 2000.10.31

US5551383A 1996.9.3

审查员 刘畅

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 朱登河 王学强

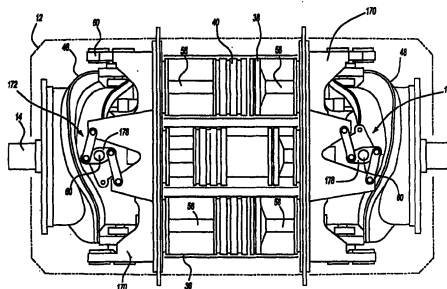
权利要求书 8 页 说明书 20 页 附图 20 页

[54] 发明名称

使用对置活塞的内燃机

[57] 摘要

本发明公开了一种内燃机，其具有一个圆柱状的外壳体(12)，该壳体具有限定在发动机中沿周向隔开地设置的动力气缸的内柱状气缸。各气缸具有对置的进气和排气活塞(38, 40)。所述进气和排气活塞(38, 40)使用空气轴承代替传统润滑油作为润滑剂。所述进气和排气活塞(38, 40)给一安装在发动机对置端部的旋转凸轮(46, 48)提供动力，凸轮随动系统使所述活塞(38, 40)定位。所述旋转凸轮可运转地连接到驱动轴或动力输出轴(14)上。一四连杆机构(172)被连接到活塞杆(56, 58)上，以使活塞侧向载荷最小。一跨接件(84)连接动力气缸的端部，以压缩吸入到发动机中的空气并容许被加热的空气在燃烧循环中被间接地加热，从而以效率给发动机充气并在燃烧后净化压缩气缸。



1. 一种内燃机，包括：

多个燃烧气缸，所述燃烧气缸具有对置的端部、至少一个进气口、至少一个排气口、第一和第二中间口和一连接所述进气口和中间口的跨接件；和

在每一个所述各燃烧气缸中相对地设置的一对对置的活塞，所述的一对对置活塞包括一排气活塞和一进气活塞，每个活塞具有面对燃烧的表面、一本体和一后侧，所述活塞适于在上死点和下死点之间往复移动，所述活塞在所述燃烧表面之间限定一燃烧室；

其中，当所述进气活塞处于下死点处时，所述进气口邻近所述进气活塞，所述排气口设置在所述排气活塞的上死点和所述排气活塞的下死点之间的一位置处，所述第一中间口位于所述进气口和所述燃烧室之间，所述第二中间口在所述排气口的所述下死点处邻近所述排气口。

2. 如权利要求1所述的内燃机，其特征在于：还包括一个阀，用以控制所述进气口中的进气。

3. 如权利要求1所述的内燃机，其特征在于：所述进气活塞和排气活塞朝向下死点的往复运动向所述跨接件充以压缩空气。

4. 如权利要求3所述的内燃机，其特征在于：所述进气活塞和排气活塞向下死点的往复运动打开所述第一或第二中间口和所述排气口中的至少一个，以容许所述压缩空气净化所述燃烧室并给所述燃烧室充以空气。

5. 如权利要求4所述的内燃机，其特征在于：所述进气口关闭。

6. 如权利要求1所述的内燃机，其特征在于：所述进气活塞和排气活塞从下死点向上死点的往复运动在邻近所述各进气活塞和排气活塞的所述后侧的所述燃烧气缸内产生一空间，并将空气吸入所述跨接件中并使其通过所述中间口进入所述空间。

7. 如权利要求6所述的内燃机，其特征在于：当所述进气活塞和排气活塞从下死点向上死点往复运动时，所述进气口打开。

8. 如权利要求6所述的内燃机，其特征在于：所述进气活塞和排气活塞从上死点向下死点的往复运动使所述空间减小并压缩所述跨接件中的空气。

9. 如权利要求8所述的内燃机，其特征在于：当所述进气活塞和排气活塞从上死点向下死点往复运动时，所述进气口被关闭。

10. 如权利要求1所述的内燃机，还包括一燃料喷射器，用以将燃料喷射到所述燃烧室中。

11. 如权利要求1所述的内燃机，还包括一可运转地连接到所述第一中间口的进气歧管，和一可运转地连接到所述第二中间口的主压缩歧管，所述跨接件将所述进气歧管和所述主压缩歧管可运转地连接起来。

12. 如权利要求11所述的内燃机，其特征在于：所述进气歧管和所述主压缩歧管各由一壳体限定，所述各壳体均具有一环形开口，该开口的尺寸设置为适于容纳一个所述燃烧气缸的所述端部，所述跨接件在所述进气歧管和所述主压缩歧管之间延伸，大体平行于所述燃烧气缸中所述的一个，所述进气歧管具有至少一个用于进气的开口。

13. 如权利要求11所述的内燃机，其特征在于：所述进气歧管、主压缩歧管和跨接件由一对连杆连接在一起，每根所述连杆延伸通过所述跨接件和所述歧管中的一个。

14. 如权利要求12所述的内燃机，其特征在于：所述阀安装在至少一个所述开口中。

15. 如权利要求12所述的内燃机，其特征在于：还包括一安装在所述环形开口和所述燃烧气缸的所述端部之间的密封件。

16. 如权利要求14所述的内燃机，其特征在于：所述密封件包括一V形弹簧，该弹簧具有一带相对端的第一环和一带相对端的第二环，所

述第二环在所述端部之间成一角度，所述第一环的一端连接到所述第二环的一端上。

17. 如权利要求14所述的内燃机，其特征在于：所述密封件包括一低径向载荷的周向弹簧，该弹簧具有一环形直簧和一V形环形弹簧，所述环形直簧和所述V形弹簧各自具有相对的边缘，所述各环形直簧和所述V形弹簧的一个所述边缘被连接到所述歧管或所述燃烧气缸上。

18. 如权利要求17所述的内燃机，其特征在于：所述密封件包括一V形弹簧，其具有一带相对端的第一环和一带相对端的第二环，所述第二环在所述端部之间成一角度，所述第一环的一端连接到所述第二环的一端上。

19. 如权利要求17所述的内燃机，其特征在于：还包括安装在所述环形直弹簧和所述V形环形弹簧及所述燃烧气缸之间的O形圈。

20. 一种内燃机，包括：

至少两个燃烧气缸；

在所述两个燃烧气缸中的每一个中设置的对置的活塞；

从每个活塞伸出一根活塞杆；和

连接到每根活塞杆上的一支承组件；

每个支承组件包括：

一壳体，所述壳体具有一顶面和从所述顶面延伸的对置支腿，所述支腿具有相向的内表面和外表面；

一对从所述相向内表面向外延伸的轴，和一对从所述外表面向外延伸的销，所述轴和销同轴；

连接到所述销的四连杆装置；

连接到所述轴上的导轮，所述导轮具有一第一轮和一第二轮，所述第一轮的直径比所述第二轮直径的大；

具有对置间隔开的轨道的对置凸轮；

所述第一轮与一条所述轨道啮合，所述第二轮与另一条所述轨道啮合。

21. 如权利要求20所述的内燃机，其特征在于：所述第一轮和所述第二轮彼此偏移，以啮合所述对置轨道。

22. 如权利要求21所述的内燃机，其特征在于：还包括一套筒，该套筒中具有若干槽，所述套筒邻近所述第一轮安装在所述轴上，所述第二轮安装在所述套筒上，从而所述第二轮相对于所述第一轮偏移。

23. 一种内燃机，其具有至少两个燃烧气缸，所述各气缸均具有相对的端部，且所述各燃烧气缸中均设有两个对置活塞，所述各活塞均具有一从所述活塞延伸并连接到一支承组件上的活塞杆，对置凸轮可运转地连接到所述支承组件上，一四连杆机构连接到一对安装板上，所述支承组件连接到所述四连杆机构上，安装板邻近所述至少两个燃烧气缸的所述对置端部安装，所述安装板具有用于容纳所述活塞杆的开口，从而所述活塞杆在所述开口内往复运动，所述开口包括一密封件，所述活塞包括具有外周的相向燃烧表面，所述燃烧表面的所述外周各具有一成型表面，所述成型表面配合以在所述活塞燃烧表面之间形成一燃烧室，所述燃烧表面大体封闭，以减少燃烧期间所述燃烧室的热量损失。

24. 如权利要求23所述的内燃机，其特征在于：所述成型表面由位于所述各燃烧表面上的一凹槽和一突起环限定，一个所述燃烧表面上的所述突起环容纳在另一燃烧表面的所述凹槽内。

25. 如权利要求24所述的内燃机，其特征在于：使所述活塞靠得很近，以形成所述燃烧室，而且所述突起环和所述凹槽紧靠但不接触。

26. 如权利要求24所述的内燃机，其特征在于：所述活塞包括一具有所述燃烧表面的活塞顶部，一环形组件，一活塞底部和一活塞环，所述活塞顶部连接到所述活塞底部，以将所述环形组件夹在所述活塞顶部和所述活塞底部之间。

27. 如权利要求26所述的内燃机，其特征在于：所述活塞顶部包括突起，且所述活塞底部包括开口，所述突起延伸通过所述开口，而且在所述突起中安装螺栓，以将所述活塞顶部和所述活塞底部连接在一起。

28. 如权利要求26所述的内燃机，其特征在于：所述环形组件包括一具有流体静力提升袋的开口活塞环。

29. 一种内燃机，其具有一封装至少一个气缸的壳体，在所述至少一个气缸内安装有往复运动的对置活塞，在一动力输出轴上安装有对置的动力凸轮，所述各动力凸轮可运转地分别连接到所述对置活塞中的一相应活塞上，所述壳体包括：

一具有相对端的中央部、两个端板和两个端部，所述各端板连接到所述中央部的所述相对端的相应端上，所述各端部连接到所述端板中的相应一个上，所述至少一个气缸具有在所述至少一个气缸内往复运动的对置活塞，所述气缸安装在所述中央部内，所述各对置动力凸轮安装在一相应的所述端部中；和

一安装在所述中央部内的所述端板之间的轴密封管，所述动力输出轴延伸通过所述轴密封管并进入所述端部，以运转地连接到所述对置动力凸轮上。

30. 如权利要求29所述的内燃机，其特征在于：所述轴密封管具有相对端，各端上均具有一凸缘，所述凸缘连接到所述端板上，所述各端板均具有一开口，所述凸缘被密封在该开口周围。

31. 如权利要求30所述的内燃机，还包括一安装在所述端板和所述凸缘之间的O形圈。

32. 一种内燃机，具有一封装至少一个气缸的壳体，在所述至少一个气缸内安装有往复运动的对置活塞，在一动力输出轴上安装有对置的动力凸轮，所述各动力凸轮可运转地连接到所述对置活塞中的一相应活塞上，有端板安装到所述壳体上并将所述壳体划分为中央部和端部，所述至少一个具有在其内往复运动的对置活塞的气缸安装在所述中央部

内，并且所述对置动力凸轮中的每一个均安装在所述端部中的一相应端部内，所述对置活塞具有可运转地将所述活塞连接到所述凸轮上的连杆，所述端板具有用于容纳所述连杆往复运动的开口；

一安装在所述端板的所述开口内的密封组件，用于将所述端部与所述中央部密封，同时容许所述连杆在所述开口内往复运动，所述密封组件具有一容纳密封件的壳体，所述密封件封贴着所述连杆，一O形圈安装在所述端板和所述壳体之间，所述O形圈共用一条部分地形成在所述壳体和所述端板中的槽；

所述共用槽提供更好的密封并容许所述连杆和所述端板之间的一些运动，并提供了高强度的保持力来抵抗连杆的振动。

33. 如权利要求32所述的内燃机，其特征在于：所述壳体由多个外壳、一第二O形圈和一第二共用槽限定，所述第二O形圈安装在所述外壳之间并共用所述外壳中的一个槽。

34. 一种内燃机，具有一封装至少一个气缸的壳体，在所述至少一个气缸内中设有往复运动的对置活塞，所述活塞具有一高压侧和一低压侧，在一动力输出轴安装上有对置的动力凸轮，所述各动力凸轮可运转地连接到所述对置活塞中的一相应活塞上，有端板安装到所述壳体上并将所述壳体划分为中央部和端部，所述至少一个具有在其内往复运动的对置活塞的气缸安装在所述中央部内，所述对置动力凸轮中的每一个都安装在一个相应的所述端部内，所述对置活塞具有可运转地将所述活塞连接到所述凸轮上的连杆，所述端板具有用于容纳所述连杆往复运动的开口；所述端部相对于所述中央部密封，从而润滑剂可以容纳在所述端部中而不会进入所述中央部，所述内燃机包括空气轴承，所述空气轴承包括：

由凹槽围绕的支承袋，所述凹槽与所述活塞的低压侧连通，所述凹槽由周向槽和旁通槽限定，向所述支承袋供应压缩空气，所述旁通槽中的所述空气压力低于所述支承袋中的所述空气压力。

35. 如权利要求34所述的内燃机，其特征在于：还包括连接到所述活塞以将压缩空气供给所述空气轴承的供给管。

36. 如权利要求35所述的内燃机，其特征在于：所述供给管包括一连接到所述活塞的第一管和一连接到所述壳体的第二管，所述供给管包括一用于将第一管连接到第二管上的连接件，使得所述第一管和第二管可以彼此相对往复运动并彼此密封，所述连接件具有一长的本体部分和一中央孔及一O形圈腔，所述本体部分具有相对端，所述中央孔通过所述相对端，一O形圈安装在所述O形圈腔中，所述长的本体部分在一端连接到所述第一和第二管中的一个上，所述第一和第二管中的另一个被往复地插入所述长的本体部分的所述相对端中，以在所述孔内往复运动并抵靠所述O形圈。

37. 一种内燃机，其具有至少一个动力气缸，所述动力气缸具有相对端和在所述至少一个动力气缸内往复运动的对置活塞，安装在一动力输出轴上的对置动力凸轮，所述各动力凸轮可运转地连接到一相应活塞上，所述动力气缸包括：

一进气歧管和一主压缩歧管，所述管各由一壳体限定，所述各壳体均具有一尺寸设置为可容纳所述动力气缸的所述端部的环形开口，和一对跨接件，该跨接件在所述进气歧管和所述主压缩歧管之间延伸得大体平行于所述动力气缸，所述进气歧管具有至少一个用于进气的开口。

38. 如权利要求37所述的内燃机，其特征在于：所述进气歧管、主压缩歧管和跨接件由一对连杆连接在一起，所述各连杆延伸通过所述跨接件和所述歧管中的一个。

39. 如权利要求38所述的内燃机，其特征在于：还包括一安装在至少一个所述开口中的阀。

40. 如权利要求38所述的内燃机，其特征在于：还包括一安装在所述环形开口和所述动力气缸的所述端部之间的密封件。

41. 如权利要求40所述的内燃机，其特征在于：所述密封件包括一V形弹簧，该弹簧具有一带相对端的第一环和一带相对端的第二环，所述第二环在所述端部之间成一角度，第一环的一端连接到所述第二环的一端上。

42. 如权利要求40所述的内燃机，其特征在于：所述密封件包括一低径向载荷的周向弹簧，该弹簧具有一环形直簧和一V形环形弹簧，所述环形直簧和所述V形弹簧均具有相对的边缘，所述环形直簧和所述V形弹簧中每一个的一个所述边缘连接到所述歧管或所述动力气缸上。

43. 如权利要求40所述的内燃机，其特征在于：所述密封件包括一V形弹簧，该V形弹簧具有一带相对端的第一环和一带相对端的第二环，所述第二环在所述端部之间成一角度，所述第一环的一端连接到所述第二环的一端上。

44. 如权利要求43所述的内燃机，其特征在于：还包括安装在所述环形直弹簧和所述V形环形弹簧及所述燃烧气缸之间的O形圈。

使用对置活塞的内燃机

技术领域

本发明涉及往复内燃机，特别是涉及一种改进型的往复内燃机，所述内燃机可消除侧向载荷，其使用热控制动力气缸、对置的进气和排气活塞、活塞环，它们由空气冷却与流体静力地润滑，而且所述内燃机包括一高温气缸壁，其可减少发动机的排放并提高发动机性能。

背景技术

众所周知，往复型的柴油机、汽油发动机和蒸气发动机通常利用活塞、连杆和曲轴将线性的活塞运动转换为旋转运动。这种转换过程显然会对活塞产生相当大的侧向载荷，这需要采用油润滑来控制活塞裙部和气缸的摩擦和磨损，而且所述转换过程会导致发动机相当笨重。为了防止油损坏并丧失润滑性能，气缸壁和活塞侧壁及活塞环的温度通常保持在低于350华氏温度以下。通常，这些发动机必须包含一废弃至少25%的总热能的冷却系统，所述热能被排入大气，而该热能若不废弃原本可提供轴马力。

正如下文将要更详细地描述的，本发明的发动机不同于现有技术，其通过吸收侧向载荷而使活塞浮动在带有空气垫的气缸中，否则所述载荷将在远离活塞的位置处加载在活塞上。本发明的发动机的独特之处在于使用由柔性材料制成的空气供给管，其使活塞环与活塞保持同心并将空气供给一体的活塞环凹部，以相对于气缸流体静力地压缩活塞环并连续地使活塞和活塞环浮动在压缩空气团上。本发明的发动机还使用一种连接到四连杆机构和凸轮上的独特支承组件，以传递动力并降低活塞上的侧向载荷。本发明的发动机还使用独特的跨接系统，用于储存基本压

缩空气，所述空气被压缩，以用于吹洗燃烧物质的燃烧室并在燃烧前将预热的空气供给燃烧室。

本发明的一个发明人为美国专利5,551,383的发明人。该专利公开了依赖压缩空气的气浮系统的使用，所述压缩空气由主压缩气缸提供，所述气缸与动力气缸同心。5,551,383专利还使用一个四连杆系统，但是所公开的系统相当复杂，以在工作发动机中往复运动，而且没有本发明的独特四连杆系统的优点。5,551,383专利和本发明一样也不使用动力气缸，所述气缸控制热量以容许燃烧室和动力气缸中使用较高的温度。在本发明中公开并要求保护的其它改进在5,551,383专利中没有公开或给出启示，当单独考虑5,551,383专利或将其与其它相关技术结合考虑时，本发明相对5,551,383专利有资格取得专利。

1994年12月27日授予A. Lowi, Jr. 的美国专利5,375,567公开了一种两冲程发动机，其不需要冷却并使用两个双调和凸轮来平衡各种负载和速度下的往复及旋转运动，从而避免所有侧向载荷。正如下面将要较详细描述，本发明没有声称无润滑的工作能力，尽管本发明的发动机不需要润滑油作为活塞的润滑剂（如大多数活塞发动机），其使用空气作为润滑剂。本发明还使用一种四连杆系统来降低侧向载荷。另外，本发明使用独特的密封件来密封并吸收轻微的侧向载荷，所述侧向载荷会出现在发动机的活塞处。

其它使用对置活塞和调和型凸轮、但不包含使侧向载荷最小化或消除它的连杆系统的专利为1937年4月6日授予E. B. Burns的US2,076,334，和1931年1月6日授予L. M. Woolson的US1,788,140。

另外在现有技术中还有若干使用气体而不是油润滑的专利。例如1984年6月26日授予Shapiro等人的US4,455,974，其使用发动机中产生的气体来流体静力地支承活塞环。类似地，1987年7月21日授予Kubo的US4,681,326使用发动机气体来支承活塞环。1978年9月5日授予Davison, Jr的US4,111,104，使用发动机气体来支承活塞环。1973年12月11日授

予K. W. Lenger的US3, 777, 722公开了一种无环活塞，该活塞具有用于减小摩擦的气体。

发明内容

本发明提供了一种改进的内燃机，其具有低的重量/动力比，低的排放和低的燃料消耗。本发明的发动机在公知的内燃机上进行了多种改进。

本发明包括一内燃机，该内燃机具有一封装至少一个气缸的壳体，所述气缸具有在气缸内往复运动的对置活塞。对置的动力凸轮安装在动力输出轴上。各动力凸轮被可运转地连接到对置活塞中的一相应活塞上。端板安装到壳体上并将壳体划分为中央部和端部。至少一个具有在其内往复运动的对置活塞的气缸安装在中央部内，而且各个对置动力凸轮中均安装在各端部内。对置活塞具有可运转地将活塞连接到凸轮上的连杆。端板具有用于往复接受连杆的开口。设置唯一的密封件以使端部相对中央部密封并使气缸相对端板密封。设计优选实施例的整个发动机，以将所有的弹性系数保持在可接受的值下，从而避免发动机中连接处的任何无意中的削弱。

本发明的动力气缸被独特地设计，以沿动力气缸的长度分配热量，以避免气缸的锥状构形。动力气缸具有由一第一中空管限定的第一构件，所述管具有预定的长度。第一中空管适于接受至少一个在第一中空管内往复运动的活塞。第一中空管限定了一燃烧室，其中燃料和空气混合物可以引入被压缩并点燃。该第一中空管具有高的热膨胀系数和低的导热率。

有一第二构件邻近所述第一构件安装。该第二构件具有高的热膨胀系数和高的导热率。

有一第三构件设置在第一中空管周围，邻近第一中空管的燃烧室。该第三构件具有低的热膨胀系数和低的导热率。

所述第一、第二和第三构件相互作用以减少第一构件的锥状构形，即首先通过第三构件将热量纳入燃烧室内并减少燃烧室的膨胀，然后通过沿第二构件引导热量而沿第一构件分配所述燃烧室中产生的热量，以保持沿第一构件长度的温度基本均匀。

本发明的发动机还使用一支承组件，所述组件将燃烧过程产生的动力传递给一对动力凸轮。所述支承组件具有一壳体，该壳体具有一顶面和从该顶面延伸的对置支腿。所述支腿具有相向的内表面和外表面。一对轴延伸到相向的内表面之外，一对销延伸到外表面之外，所述轴和销同轴。

一四连杆装置连接到所述销上，导轮被连接到所述轴上。导轮具有第一轮和第二轮，第一轮的直径比第二轮的大。对置凸轮具有相对间隔开的轨道。第一轮与一个轨道接合，第二轮与另一个轨道接合。

本发明的活塞也独特地设计为包括具有外周的相向燃烧表面，每个燃烧表面的外周各自具有一成型表面（profiled surface），所述成型表面配合以在活塞燃烧表面之间形成一燃烧室。这容许燃烧表面大体封闭，以减少燃烧期间燃烧室的热损失。

通过下面参照附图的详细描述，将能更好地理解具有各种替换例和实施例的本发明的这些和其它特征，其中类似的参考标号表示类似的部件。

附图说明

图1为本发明的发动机的立体图。

图2为本发明的发动机的侧视图，其中壳体和动力气缸以虚线示出。

图3为本发明的动力凸轮的立体图。

图4为本发明的支承组件的局部立体图。

图5为所述动力凸轮的局部剖面图，示出与动力凸轮的相对壁接触的支承组件的轮子。

图6为本发明的支承组件的轮子的分解图。

图7为主压缩气缸的立体图，其中动力气缸以虚线示出。

图7A为动力气缸的立体图。

图7B为通过进气管安装到进气歧管上的主压缩气缸的立体图。

图7C为剖视图，示出动力气缸和主压缩歧管与端板的连接。

图7D为本发明低径向载荷的环形弹簧的立体图。

图7E为图7D的环的立体图。

图8A-8F为表示本发明的发动机的工作循环的示意图。

图9为本发明的端板的立体图。

图10为所述动力气缸的剖视图，示出处于上死点的活塞。

图11为本发明的活塞的分解图。

图12为所述活塞的局部剖视图，示出本发明的静压轴承。

图13为本发明的活塞环的局部立体图。

图14为所述活塞杆密封组件的剖视图。

图15为所述活塞杆密封组件的局部立体图。

图16为本发明的活塞杆密封组件的剖视图。

图17为发动机的局部剖视图，表示R供给线路连接器。

图18为本发明的局部剖视图，表示本发明的甩油杯。

图19为本发明的安装杆和前连杆机构。

图20为本发明的支承组件和凸轮的剖视图。

图21为所述发动机的剖视图，示出两个动力气缸，旋转轴在这两个动力气缸之间延伸。

图22为本发明的气浮活塞环的立体图。

图23为本发明的气浮轴承活塞环的剖视图。

图24为经过气浮活塞环的进气口的截面图。

图25为经过本发明的气浮活塞环的旁通槽的截面图。

图26为本发明的发动机的示意图。

具体实施方式

在优选实施例中，此处描述的本发明的发动机配置有四个气缸和八个活塞，各对径向对置的活塞组轴向对称地压缩和膨胀，从而使发动机运行期间任何时候的不平衡载荷最小化或消除所述载荷，用以提供一相对无振动的发动机。由于输出轴旋转一次，各活塞组“点火”两次，所以在一半的轴速下产生两倍的扭矩。尽管本发明在优选实施例中包括特定的参数，但是本领域的普通技术人员知道，在不偏离本发明范围的情况下也可以使用其它参数，所述参数包括活塞和相关气缸的数目。可以认识到，每单个气缸中两个对置活塞将构成活塞和气缸的最小数目，还可以理解，能够使用比四个气缸和八个活塞多或少的气缸和活塞。

图1是本发明的发动机的立体图，该发动机通常被标以参考标号10，其包括围绕旋转轴14的制成有标准组件的圆柱状发动机外壳体装置12，所述旋转轴用于绕发动机的轴线A旋转。轴14从前端16和后端18向外延伸。围绕发动机外壳体12的是进气歧管20和排气管22，它们与进气活塞和排气活塞相联。进气管24使进气活塞和歧管20相连。在所公开的实施例中，排气管被直接连接到邻近排气活塞的口处。正如后面将较详细地描述的，设置在进气歧管20中的进气口80将新鲜的大气导入活塞气缸中，所述进气歧管可以包括合适的过滤器。邻近排气管22设置的排气口将废的燃烧产物排到大气中。

燃料通过喷嘴30进入气缸，所述喷嘴在压力下由燃料管路供给燃料，所述燃料管路未被示出。来自燃料容器的燃料以公知的方式由适当的喷射泵加压。在优选实施例中，辅助设备由旋转轴14驱动，所述旋转轴从前端16延伸，而且用于驱动负载的动力将从后端18伸出的轴输出。当然，这是可选择的，用于辅助设备或负载的动力可以从旋转轴14的任

一端输出。可以理解，发动机驱动负载将没有限制地包括客车、陆地车辆、飞机和水面交通工具推进器、辅助动力单元、发动机、地面移动车辆等。

参照图2，在所示的发动机中，有四个沿周向等间隔设置的动力气缸装置36，它们在图2中以虚线示出。下面将较详细地描述动力气缸装置36的结构。动力气缸装置36支承（八个）活塞，即四个进气活塞38对四个排气活塞40。

旋转轴14连接到对置的动力凸轮46和48上并由其转动（图2、3）。在优选实施例中，所述凸轮由钢和铝制成，但也可以使用其它材料。凸轮46和48同心并轴向地设置在发动机壳体12内。动力凸轮48和46分别通过连杆58和56由进气活塞38和排气活塞40驱动，它们可运转地连接到相应的支承组件60上。参照图4，支承组件60包括大体为U形的壳体62，该壳体具有侧壁64和66、支腿65和顶部68。在所公开的实施例中，顶部68和支腿65为一体。连杆56和58由一六角帽螺栓67穿过顶部68进入杆56和58中的螺母中而连接到一相应的支承组件60。在优选实施例中，连接结构的弹性因数（spring factor）被预先确定为大于3。更进一步地，在本发明的发动机10的所有连接结构中，需要大于3的弹簧刚性系数（spring rate）。所述弹簧刚性系数由下述公式确定：

$$K = \frac{AE}{L}$$

A=各部件的面积

E=弹性模量

L=各部件的长度

通过例子，如果螺栓和螺母用于连接一组构件，则弹性因数由所述螺栓的弹性系数的比率确定：

$$\frac{K^S}{K^B} > 4$$

$$\frac{\left(\frac{A_S E_S}{L_S}\right)}{\left(\frac{A_B E_B}{L_B}\right)} > \frac{4}{1}$$

所述侧壁64和66各承受两个滚动轴承70和72（图5）。轴承70为动力轴承，轴承72为复位轴承。轴承70和72同轴地安装在同轴的销73上，所述销从各侧壁64和66的内侧突出。销176从各壁64和66的外侧突出，用以连接到四连杆机构的杆上，下面将较详细地描述所述连杆机构。销176和销73同轴。这样，在支承组件60的运转中产生最小的弯矩。

支承组件60中的各个被运转地安装到动力凸轮46和48上，如图5和20所示。动力凸轮46和48具有相对的轨道75和77，轴承70和72安放在轨道75和77上。在优选实施例中，壁64或66通过螺栓79可拆卸地连接到支腿65和顶部68上。这样，轴承70和72连接到其上的侧壁可以与其间的轴承70和72及接合轨道75和77装配在一起。

在优选实施例中，轴承由图6所示复位预载弹簧装置81预加载。如图所示，通过预载弹簧81和复位托架82将动力轴承70安装在销73上和将复位轴承72安装在销73上。由于弹簧81中的槽87，轴承72相对于销73和轴承70偏移。相向的轨道75和77之间的距离比轴承70和72（图5）的组合直径稍小。这样，在安装时，轴承被略微预加载。这确保总是接触并确保一定的公差。另外，弹簧81容许轴承70和72之间的运动，而不会相对于轨道75和77约束轴承70和72。

当动力气缸中的燃烧推动进气活塞38和排气活塞40分开时，滚动轴承70被强迫抵靠在动力凸轮46和48的轨道77上并在其上滚动，以使它们绕轴线A转动。滚动轴承72用作惰轮，以保持与轨道75和77的支承接触，而且当各活塞装置的动量矢量比动力凸轮施加给活塞装置的加速力大（且朝向活塞顶部）时，滚动轴承72也有助于使动力凸轮绕轴线A转

动。显然，在其它特定的情况下可能出现相反的情况。滚动轴承70在活塞38和40的动力冲程期间驱动凸轮46和48。小的滚动轴承或复位轴承72分别在动力凸轮46和48的轨道75上滚动，以致动进气活塞38和排气活塞40，从而有助于将进气活塞38和排气活塞40推到行程的下死点。然后进气活塞38和排气活塞40由在轨道77上滚动的大轴承或滚动轴承70推到一起（即，当朝向活塞顶部的加速力矢量比相反方向上的动量矢量大时）。在一定的条件下，大滚动轴承70会具有足够的能量来将进气活塞38和排气活塞40定位在全行程处。在其它的条件下，小的滚动轴承72会有助于将进气和排气活塞定位到下死点。动力凸轮46和48的轨道77的轮廓设定为具有比大轴承70稍大的直径，从而轴承外圈将在凸轮表面上滑行，使接触轨迹最少，而且当轴承随动于径向对准的轨道时，使接触轨迹内各段的速度差最小，从而增强缓冲作用并防止金属对金属的接触。

所述支承组件由一四连杆装置172（图2）可运转地支撑。装置172具有四个连接在板170上的安装杆174之间的杆和一个安装到销176（图4）上的轴承178（图2）。应该知道，轴承178与销73（图4）和轴承70、72（图4）同轴。这样，在活塞38和40中没有弯矩。所述四连杆机构172将活塞38和40的线性运动被转换为凸轮46和48的旋转运动，没有任何由驱动凸轮的活塞产生的作用力被通过活塞38和40传递给气缸壁98。

在图19和20中还示出了四连杆装置172。本发明的四连杆装置172引导活塞38和40，并将凸轮46和48的侧向载荷作用到180处的点和182处的点上。由于中央连杆或轴承178具有旋转中心，所以没有凸轮46和48的侧向载荷被传递给活塞38和40及活塞环130。连杆184的几何形状之间有精确的关系，以给出活塞环130和活塞38、40的所需直线运动。所述关系为四连杆装置172中构件的长度和固定点180、182的位置。

举例来说，在一发动机设计中，活塞38和40具有2.0英寸的行程。为了容许误差及设计范围之外的可能行程，给各行程的端点附加0.1英

寸。各构件的长度设定适于2.2英寸的行程。用于发动机的连杆机构将具有下述尺寸：

连杆178行程： 2.20英寸

固定点180： $X=1.7726$ ， $Y=0.880$

固定点182： $X=-1.7726$ ， $Y=-0.880$

连杆长度184： 1.990英寸

连杆178行程： 1.770英寸

当发动机行程按比例增加或减少时，必须保持这些量的比值。各构件长度与行程的变化成线性比例。如果行程加倍，所有的值必须加倍。为了降低各构件上的应力，所有连杆处于双剪力中（in double shear）。

图8A-8F中的示意图最好地示出了发动机的工作循环，其中图8A表示处于上死点。图8B表示动力冲程循环，图8C示出将废气排出动力气缸，图8D-8E示出给主压缩气缸充气并推动动力气缸，图8F表示压缩冲程循环。

如图8A所示，进气和排气活塞38和40位于它们行程的上死点，而且进气活塞38和排气活塞40位于压缩冲程的端部和动力冲程，而且为了得到适当的压缩比，彼此靠近设置。从前面的描述变得显然，动力气缸的工作部分或压缩室29（进气和排气活塞之间的容积）中的空气被充分压缩，而且燃料被适时地通过燃料喷嘴30导入，以产生爆发，迫使活塞分离。在循环的该点处，进气单向阀85打开，这是由于单向阀85上游和下游侧上的空气基本上处于相同的压力下，或者上游侧的压力比中间进口86和88及转换管进口或跨接件84的稍大。为了保持活塞38和40下方连续容积（包括进口88、86及进气跨接件84）所代表的室的密封性，使用一O形密封圈83。该密封圈还调节气缸36和板170之间的温差。另外，进气活塞38和排气活塞40背面侧上的压力类似，这是由于它们经进气跨接件

84和进气通道86、88与进气口80流体连通。排气口90由排气活塞40封闭。

参照优选实施例的图21，动力气缸36由一低弹性系数的O形密封圈83径向地支承，并由端板上的部件限定在发动机中。这些部件与连杆56和58及端板170中的杆密封孔190保持同心。气缸的轴向位置可以由垫片调节，以解决机加工构件的误差。进气和排气端板170相同，因此垫片也用于填充进气侧上弹簧250在排气端板170上所处位置处的区域。

动力气缸36由弹簧250加载而抵靠进气端板170，所述弹簧在另一端作用到排气端板170上。弹簧250（这里为波形弹簧）具有足够的弹簧力来克服动力气缸内壁98上的活塞环130或活塞裙部的无意磨擦。

接着参照图8B，当两个活塞朝向冲程死点，即下死点返回时，单向阀85被关闭，因此气体不会向进气口80流动，而且进气活塞38和排气活塞40后方的压力增加。动力气缸装置36的压缩室29中的活塞38和40之间的燃烧产物的压力降低。排气口90在循环的该点处保持关闭。

接着参照图8C，活塞仍相互分离地移动并朝向下死点运动，而且排气口90打开，进气通道86被阻止与压缩室29连通，而且进气通道由单向阀85关闭，因此空气不会朝向进气口80流动。因此，在活塞的作用下进气压力继续增加。废气离开压缩室。在循环的该点处，动力气缸装置36的压缩室29中的流体压力迅速向其最低值减小。

如图8D所示，在冲程的下死点处，排气口90被全部打开，而且进气通道86和88与压缩室完全连通。通过容许停留在进气跨接件84中的空气在高于压缩室29中压力的一定压力下填充动力气缸，这给动力气缸装置36的压缩室29扫气或净化动力气缸装置36的压缩室29。将知道，在给动力气缸装置36充气之前，跨接件84中捕捉的空气通过与燃烧过程中的燃烧产物直接热交换而被预热，结果使发动机的效率增加，这是因为这容许活塞顶部在较高的温度下运行，从而容许高的功率密度值，而且气缸

的热锥状构形被降低。但是，这种百分率必须被控制，太大则对整体发动机效率有害。

在图8B和8C中可以看到，被封闭在进气活塞38和排气活塞40后方的空气通过进气活塞38与压缩室29隔断，而且进气跨接件84仅与进气和排气活塞38和40后方的容积连通。当活塞仍处于其动力冲程中时，该空气被完全封闭。因此，动力冲程进一步压缩该空气。从图8B、8C和8D的示意图可以看出，由于活塞邻近其行程端部，所以所述进气活塞和排气活塞的运动使剩余的主压缩空气产生非常高的压力。

图8E和8F描述了压缩循环，其中活塞由动力凸轮46和48朝向上死点致动，上死点为动力冲程（图8A）的转变点。当进气活塞38和排气活塞40朝向彼此移动并经过进气口86和88及排气口90时，动力气缸的压缩室29中的空气被压缩，使压力增加，直到它在图8A的行程端点（上死点）处达到最大值。当活塞经过进气口86和88时，进气活塞38和排气活塞40的后端保持对进气口压力开放的状态，而且由于单向阀85的背压等于大气压力并比活塞38和40下方的压力大，所以这些单向阀保持打开状态，而且进气活塞38和排气活塞40吸入周围空气。

本领域的普通技术人员应该知道，通过改变动力凸轮46和48的形状，可以改变发动机的特性。例如，通过调节动力凸轮46和48中平面的长度，可以改变加速度、速度、排放、功率等。

从前面的描述应该知道，发动机10不需要装设阀门，如用于打开和关闭进气和排气口的提升阀，这是因为该发动机中的这些口通过进气和排气活塞打开和关闭。

参照图7，主压缩气缸装置在标号95处示出，其局部地围绕气缸36并包括一主压缩气缸歧管92，该歧管通过系紧螺栓和螺母91安装到进气歧管89上。系紧螺栓延伸通过进气跨接件84。动力气缸装置36在图7a中示出并将在下面被较详细描述。在所公开的实施例中，进气单向阀85（图8A, 8B, 8C, 8D, 8E）为簧片阀，其安装在进气歧管89的进气口80

处。系紧螺栓和螺母91将动力气缸装置36和主压缩装置95连接在一起成为一个组件。各组件然后安装在板170（图9）之间。板170然后被用螺栓固定到外壳体12上。

参照图7C描述将动力气缸装置36安装在歧管89和92内的优选方法。歧管89和92的开口94具有用于容纳O形圈的槽106和108。位于歧管89和92及动力气缸装置36之间的是低径向载荷的环形弹簧112和114。如图所示，弹簧112优选为一种直簧，弹簧114优选为一种V形弹簧。图7D中较详细地示出了该V形弹簧。弹簧114优选地通过将一环形内套筒115在其一端119铜焊到一环形外套筒117上而制成。弹簧112和114优选地由低导热性的材料制成。在图7C中，弹簧112和114由销116固定到气缸装置36上，更具体地说是，固定到第二管102上。销116优选地被压配到动力气缸装置36的开口中，具体地说，被压配到第二管102中。至于弹簧102，在歧管中还设有一开口来接受销116。弹簧112和114及O形圈的使用提供了适当的密封，但也考虑连接构件之间弹性系数的平衡。另一O形圈110安装在板170和动力气缸装置36之间以完成密封。在该图中示出一垫片。

参照图7B，进气歧管20或空气收集器通过进气管24连接到进气歧管89。

参照图7A和图10描述动力气缸装置36。动力气缸装置36由三种不同的材料构成，以阻止并便于热量传递，特别是使气缸沿其整个长度的温度保持相当的恒定和均匀。关键的是动力气缸温度尽可能地保持均匀，以防止动力气缸装置36变形。如果和普通的内燃机一样，气缸温度未能保持均匀，那么气缸36的直径会变化，导致磨损、活塞环漏气、效率损失等；而在本发明中，用空气轴承解决上述问题，所述轴承将在下面被较详细地描述。普通的内燃机气缸在较热的区域膨胀，产生锥状变形。通过使气缸温度沿其长度保持在较窄的范围内，不会出现明显的锥状构形。

正如可以理解的，气缸36的温度将比普通内燃机中的高。出于多种原因，这不会对该发动机造成问题。气缸36不包含作为润滑剂的油，其使用空气，热质量和热导热率低，而且由活塞侧向载荷和油剪切力产生的摩擦热对于该发动机不是问题。因此，较高的温度是可以接受的。关键是以基本均匀的方式沿气缸36的长度分配燃烧所产生的热量。

通过在气缸36中使用三种不同的材料来实现热量分配。第一种材料是钢，优选为A286。在所公开的实施例中，使用钢管100。如图7A所示，进气口86形成在管100中。该材料具有高的 α （热膨胀系数）和低的导热率。安装在管100周围的是由铜制成的第二管102。应该知道，管102不必为管状，而是可以为条状材料等。管102为两部分并邻近燃烧室安装，在燃烧室处在所述两部分间形成一间隙。铜具有高的 α 和高的导热率。第三种材料是一种不锈钢套筒104，其安装在燃烧室周围并局部覆盖管102。该套筒104具有低的 α 和非常低的导热率。

对于这种结构，燃烧室中产生的热主要由套筒104阻挡。吸收到套筒104中的大部分热量被向下导向铜管102。铜管102是高导热性的，其迅速地使从低导热率的套筒104传递的任何热量和气缸离燃烧区域最远的冷端100之间的温度正常化。因此，这种结构使热应力引起的锥状构形最小。不锈钢套筒104因为其非常低的 α 而降低（如果不能消除）燃烧室处的锥状构形，而且由于其低的导热率而阻挡热量。这样，沿气缸36的不同热区域之间的锥状构形被降低或消除，而且在燃烧室处，在动力冲程的开始阶段，热量被保持在燃烧室中，在动力冲程中，它可以提供有用功。还应该注意到，相对的 α 是关键，以便套筒到套筒的机械接触被保持在不同的温度和热梯度下。在该优选实施例中，机械接触是热量集中的主要原因，铜焊仅有微小的作用。显然，对于本领域的普通技术人员而言，使用其它机械限定的接触面或铜焊/焊接也可以得到同样的效果。

参照图11和13，将描述活塞装置120。在优选实施例中，活塞装置120包括一活塞顶部122、一环形组合顶部124、环形组合底部126、一活塞底部128和一活塞环130。组成活塞装置120的各种构件由螺栓（未示出）固定在一起，所述螺栓经突起134插入突起132中，其中突起132从活塞顶部122延伸，突起134从活塞底部128延伸。突起132延伸通过环形组合顶部124和底部126的开口136。突起132和134及螺栓再次容许弹性系数被控制。

活塞顶部122被专门构造成降低相对于气缸壁98的辐射热效应。如图12所示，排气活塞的表面42和进气活塞36的表面44在它们的外周具有重叠表面142和144。

这些重叠表面142和144保护气缸免受燃烧期间产生的辐射热，并将辐射热封闭在所述燃烧室中。可以理解，所述重叠表面可以具有不同的形状。例如，突起部分142可以位于进气活塞38上，而部分144可以位于活塞40上。

为了进一步控制发动机10中的燃烧，在活塞顶部中设置一燃料喷射腔164。该腔164的长度比宽度大，以沿完全燃烧的路径引导燃料并确保燃烧之前没有液体燃料接触固体表面。

仍参照图11和12，本发明的活塞环130优选为一种具有流体静力提升袋244的开口活塞环。压缩空气经小直径弯曲管148流到形成在各开口活塞环中的周向隔开的袋244中。弯曲管148大体为U形，以容许一定的弹性弯曲率。弹性管148被塞入一中央空气歧管150中，所述歧管容纳由管从活塞底部128输送的压缩空气。压缩空气从连杆56和58流入歧管150中的开口中。参见图13，一保持壁154接受弯曲管148的自由端，它们又经过密封件158，然后塞入环130中。参见图11、12和13。保持壁154具有多个用于接受管148和密封件158的槽156。槽156容许管148的横向移动。密封件158具有一面板160和较长的本体162。本体162接受管148并装配在槽156中，面板160接合壁154。长的本体162用作槽156内和相对

管148的有效密封件。面板密封槽156中的开口。这种密封方法的组合阻止燃烧空气从活塞38和40中的腔漏出。

由管148供给的空气流入环130中的提升袋244，以将活塞38和40抬离气缸壁。袋244优选地沿活塞环的圆周等间隔设置，从而进入的空气相对气缸压缩活塞环并附加地定位活塞。各管148被大致弯曲成U形，而且一端固定到活塞，另一端固定到活塞环，所以管中的压力和管壁中的应力将产生一力，该力与流体静力提升力一起将使活塞和活塞环相对动力气缸壁隔开并浮起。管148由适当的柔性和弹性材料（金属或合成材料）制成，所述材料具有良好的顺从特性，从而具有足够的弹性系数来给活塞环适当地加载，就如上面刚描述的。

从前面的描述变得显然，用于静压轴承的空气润滑并冷却活塞环，并另外提供少量的燃烧空气。另外，静压轴承使活塞和活塞环浮起，这有助于使侧向载荷和摩擦最小化。还利用四连杆系统来消除侧向载荷。静压轴承的对中作用还有助于使环和气缸之间的漏气最少。

气浮活塞环（air bearing piston ring 简记为ABPR）130为一种低质量气流装置，但是，更重要的是，仅需要100~200磅/平方英寸（psig）来运转。这些较低的致动压力带来若干优点。一是非常低的附加动力损失（例如，与50hp的气缸相对应，用来供给该空气的动力为0.6~3.2hp）。其次，将大气压缩到100或200psig导致较少的热量被添加到空气中。因此，其温度基本不增加。所以，提高了压缩空气作为活塞环130的冷却剂的价值。这又容许在达到环130的材料使用极限之前出现较高的动力。

通过围绕支承袋（support pocket）244的凹槽242来实现较低的致动压力。这些凹槽242与活塞38和40的低压侧（例如与燃烧侧相对的侧）连通。凹槽242由周向槽246和旁通248构成。槽248通常处于较低的压力下，因此发挥气浮效应。为了使所提供的致动压力的提升量最大，袋244的可流动区域相对圆周最大化。

在动态燃烧期间，其中在该过程中在气浮活塞环130上方引起非常高的压力，包含一组非常复杂的活动，它们由这种新设计和优化的ABPR更有效地控制。例如，在50hp气缸中工作的该ABPR将用100psig~200psig的供给压力提供0.02286mm（0.00090''）的环—气缸间隙，其中环130上方为0psig，以及在上死点处燃烧处的低的0.00254mm（0.00010''）或甚至0.00000mm的间隙，如果设计需要的话。但是，在0.00000mm的间隙处，必须特别小心地为最小磨损作计划，所述磨损将最终出现在非常靠近上死点的该区域中。其原因在于燃烧时，流体静力提升力必须相当大，以将活塞环抬离气缸。

燃烧期间的该提升力必须大，因为相对处为空气供给管204的载荷和环130背侧的净燃烧压力。环130前侧的燃烧压力不是关键的，由于其撞击的有效面积比背侧的燃烧压力区域小。该前侧区域由图22中的表面A表示。该净压力径向外推动ABPR并减小环—气缸间隙。另外，任何高压燃烧泄漏（漏气）由凹槽242迅速地短路，并防止倒流入内含物中。这种短路情况保持ABPR处供给空气的冷却效果，防止燃烧产物污染垫/内含物，并确保ABPR提升系统相对力平衡中变化的高频响应。

这种磨损由于下述原因而是最小的：没有活塞侧向载荷，在非常低的活塞速度下出现0间隙（seat-out），及磨损量为摩擦力和速度微分的函数。

气浮活塞环130由空气而不是油润滑。活塞环130的目的是使燃烧压力的泄漏最小化，而且这需要环130和气缸壁98之间的非常小的径向间隙。活塞环130和壁98之间的间隙小，而且刚好大到足以浮起负载，即活塞38和40的程度。活塞环130的特有特征是自平衡性。例如，如果太多空气从所述提升袋或支承袋244周围漏出，那么所述间隙减小以降低气体流动率，从而与空气供给率相等。相反地，如果从提升袋244的边缘漏出的空气太少，则空气压力增加并提升负载，以得到适当的空气流动。已经发现，这种与气浮活塞环130的功能性间隙小而且位于适当的

范围内，以提供可接受的燃烧压力上限。该间隙类似于用油隔开活塞环和气缸壁时的典型的径向间隙，而且更重要的是，所述间隙围绕活塞居中设置。在普通的有油活塞中，活塞侧向载荷产生偏心度，这种偏心度增加了漏气。因此，这种小的、充满空气的间隙功能上等效于油润滑活塞和活塞环组件的偏心分布的、充满油的间隙。

存在功能性变量的一种优化组合，用以提供最好的密封和实际上无磨损的最小摩擦接触。控制活塞环130功能的主要变量为：

1. 副空气供给压力对活塞环袋下沉压力的压力微分 $= \Delta P_s$
2. 空气流动率 $\#/\text{second} = Q_s$
3. 空气袋面积和袋数量 A_s
4. 气袋周围的周长 (P_L)
5. 活塞环的弹性系数 (K_R)
6. 由偏置弯曲尺寸设定的空气供给管的弹性系数和预载荷 (k_t)
7. 活塞槽槽底和活塞环密封表面之间的摩擦系数 (f_g)
8. 空气供给管内的空气流动面积 (A_t)
9. 活塞环袋周围的低压凹槽尺寸和深度 (A_s)
10. 活塞环与气缸的环形径向间隙 (R_c)
11. 燃烧压力最大值和范围 $P_c \frac{Q_s = \Delta P h^2 h b}{12 \mu l}$
12. $Q_s =$ 悬浮气流
- 间隙 $= f(\Delta P_s, Q_s, A_s, K_R, k_t, f_g, A_t, A_s, P_c, \mu, A_{cl}, A_{cd})$
13. 暴露在燃烧压力下的环内径面积 A_{cl}
14. 暴露在燃烧压力下的环外径面积 A_{cd}

上面列出的所有变量是可调的，以满足不同的需要。对于各种需要，有一种最优的组合来使磨损或泄漏最小。例如，如果需要研磨燃料 (abrasive fuel)，那么可以调节这些变量，以使活塞环在整个行程中浮在空气膜上，同时稍微增加漏气量。为了效率最大和漏气最少，当

暴露给上死点处初始燃烧所产生的高压时，环密封表面将接触气缸。为了使接触区域的磨损最小，气缸可以在上死点处的非常短的行程范围内设置适当的涂层，在剩余行程处使活塞环浮起，从而磨损小。环与气缸接触压力的强度和，或具有接触的行程长度是可调的。例如，仅增加副空气压力 ΔP_s 将减小高活塞环接触压力的冲程长度并稍降低接触压力。

参照图14-16描述活塞杆密封组件188。活塞杆密封组件188相对于板170中的开口190密封活塞杆或连杆56和58。连杆56和58在安装于开口190中的密封组件188内往复运动。

密封组件188被如此构造，以相对开口190密封杆56和58，并容许杆56和58及密封组件188相对板170的些许侧向运动。密封组件188具有一外壳体192和两个内壳体194及196。所述壳体用卡环198固定到一起。应该知道，可以使用单个壳体，但为了易于制造，使用三个独立的壳体。为了使用高等级的密封件，在单件安装中将使密封件扭曲到其弹性极限之外并降低它们的密封有效性和耐用性。（还应该注意，对于一定的生产环境和某种应用，可以使用可被过模制在密封件周围的工程材料）。所述壳体包含密封件199，所述密封件199密封在连杆上。一O形圈202安装在壳体194和196之间并共用壳体192和196中的槽。第二O形圈202安装在板170和壳体192之间。第二O形圈202共用部分形成在这些构件中的槽。具有共用槽来支承O形圈容许更好的密封和相对密封构件的一些运动，并提供高的保持力来抵抗杆56和58的振动，因为O形圈实际上处于纯剪力中。

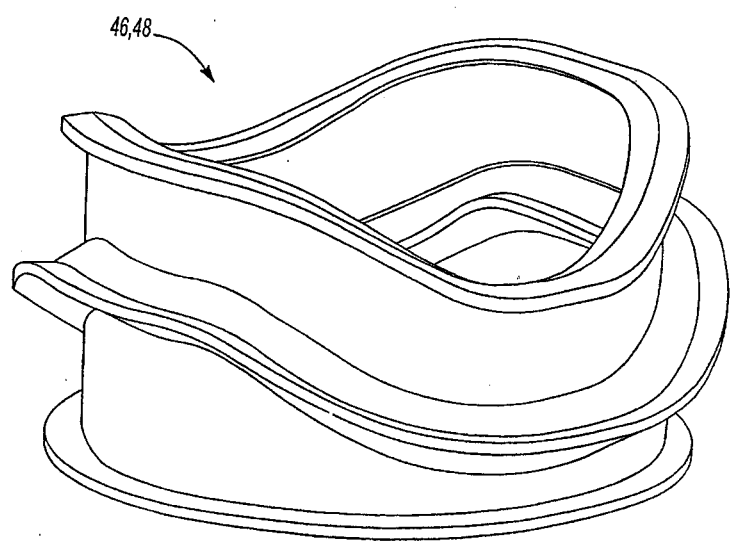
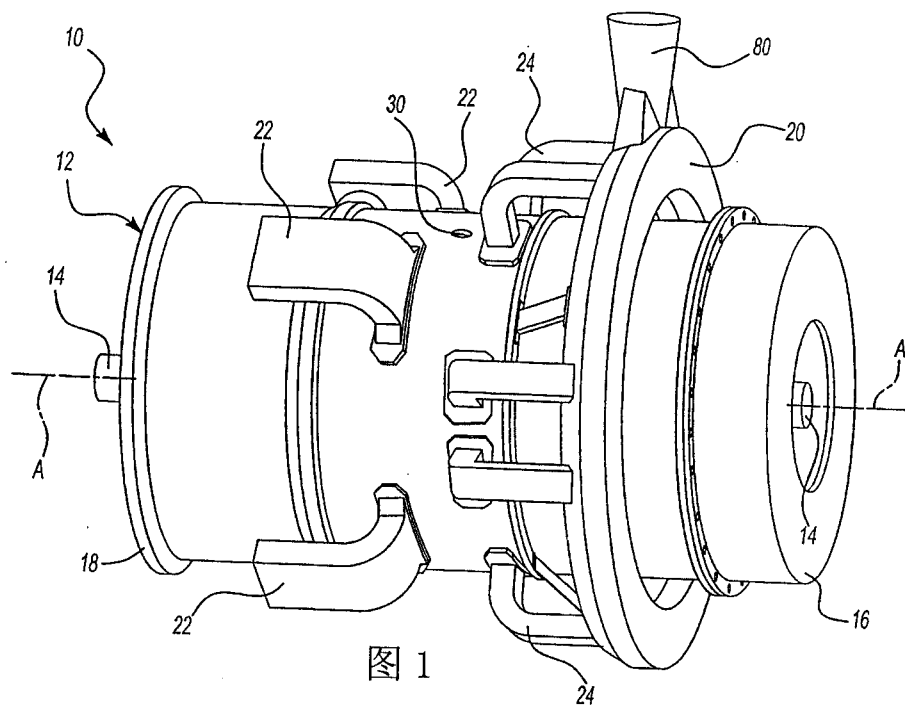
参照图17描述用于将压缩空气供给环130的空气供给管204。空气供给管204连接到支承组件60。组件60具有内通道，其用于将空气引导到连杆56和58，所述连杆具有用于将空气引入歧管150的通道206。管路204具有一连接件208，用于将支承组件管路210连接到外壳体管212上。外壳体管212被连接到壳体12和压缩空气供给源上。一标准连接器211用于将管212连接到壳体12。连接件208具有一长的本体，该本体具有一O

形圈腔216。长的本体有利于密封，因为长管位于长孔中使泄漏最小化。使用O形圈进一步减少了泄漏。结果，连接器208密封防止泄漏的同时，容许管210由于在支承组件60中的运动而相对于管212运动或往复移动。

参照图18，在220出示出了凸轮46和48及输出或旋转轴14之间的连接。在所公开的实施例中，220处的连接是通过凸轮和轴上的齿轮齿222完成的。另外，图18中示出了甩油环230。甩油环230优选为凸轮46和48的一部分。甩油环230沿旋转轴14延伸。在最优选的设计中，甩油环230为一具有若干孔的中空管，所述孔容许油被甩出，以润滑支承组件60。所述孔朝向支承组件60。油通过供给管232供给甩油环230。管233被连接到储油器和泵上，以将油引导到甩油环230。

参照图21描述本发明的轴密封管234。轴密封管234与旋转轴14同心并容纳旋转轴。轴密封管234被连接在端板170之间。密封管234为圆柱状，其两端具有凸缘236。管234由O形圈236密封到各端板170上。管234消除了对固定端板与转动的旋转轴14之间的密封的需要。密封管234也提供了对端板170的支承并增加了刚性。端板170在外径处由中央壳体238和支承壳体240支承。中央壳体238和支承壳体240限定了外壳体装置12。端板170在内径处由轴密封管234支承。来自活塞38和40的负载被传递给端板170。由于端板170在内、外径处被支承，所以连杆安装点180和182的偏移被最小化。连杆安装点180和182的偏移最小化对于保持连接到活塞38和40上的支承组件60的直线运动是重要的。

尽管参照具体实施例对本发明进行了描述，但是本领域的普通技术人员可以理解，在不偏离本发明的范围和主旨的情况下，可以进行各种形式和细节上的变化。



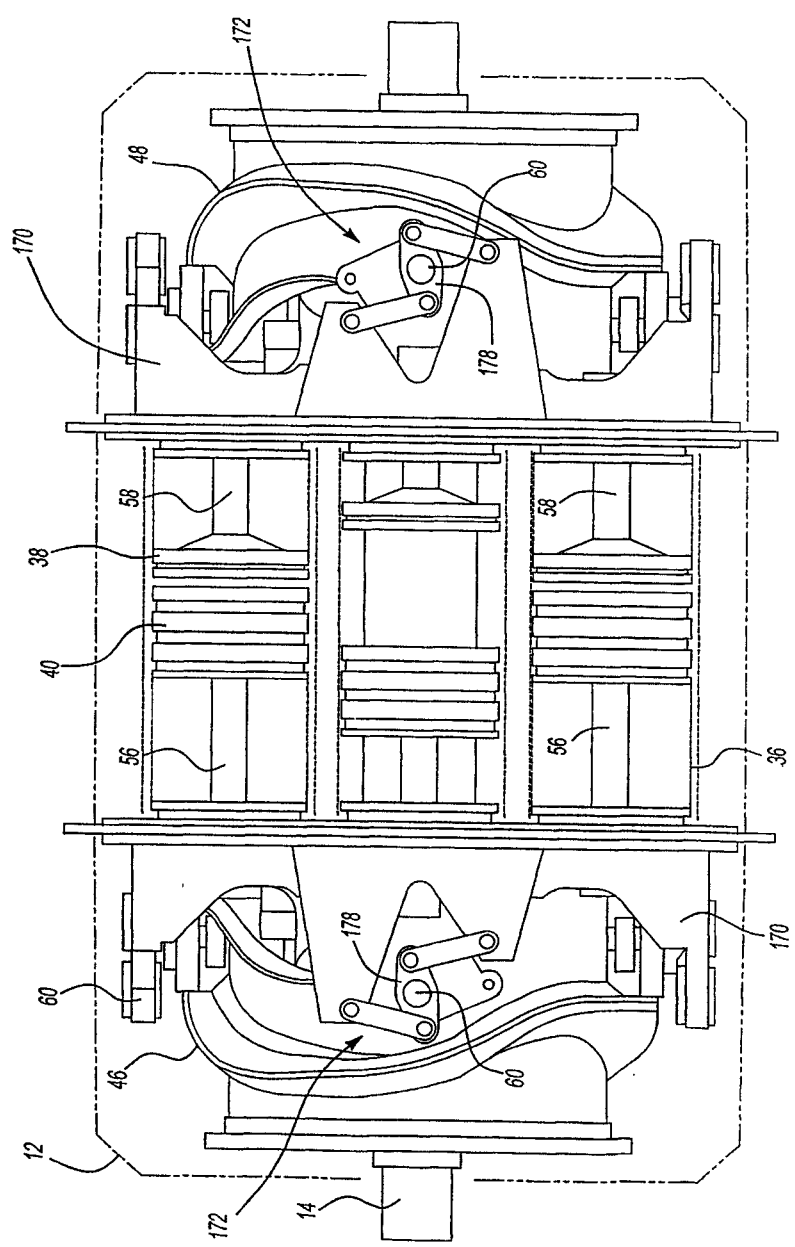


图 2

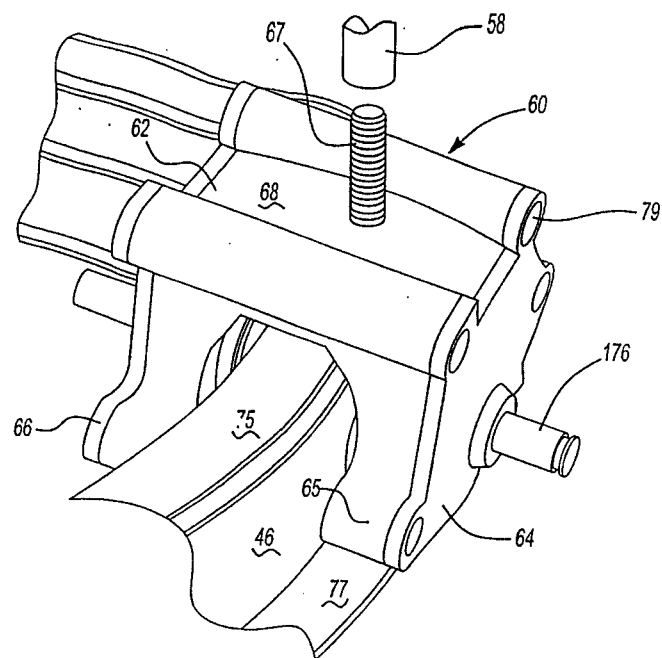


图 4

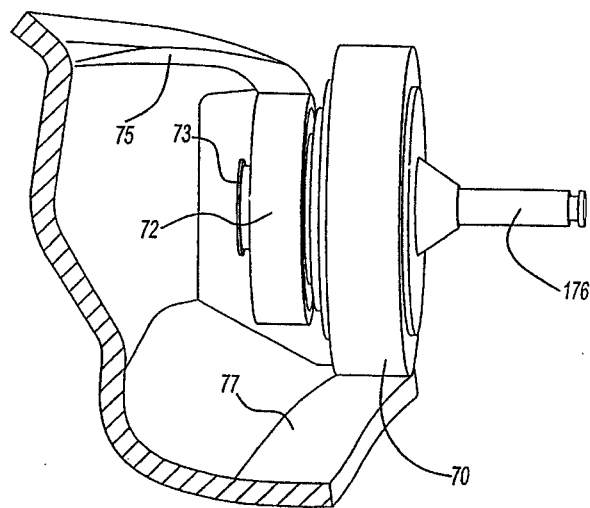


图 5

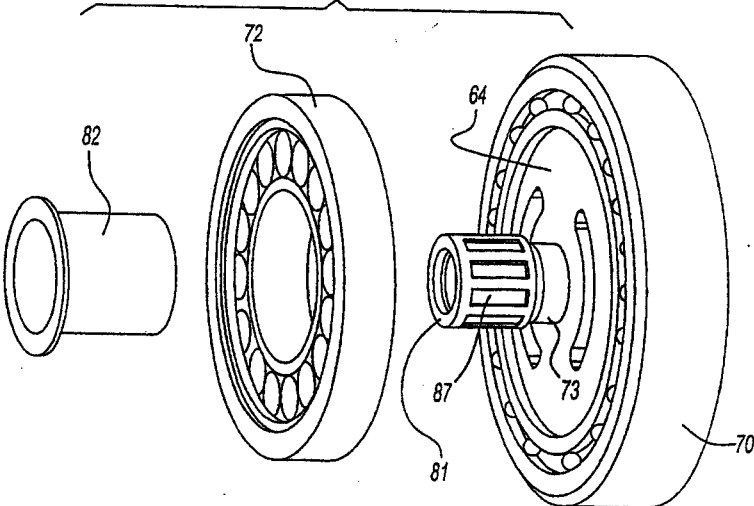


图 6

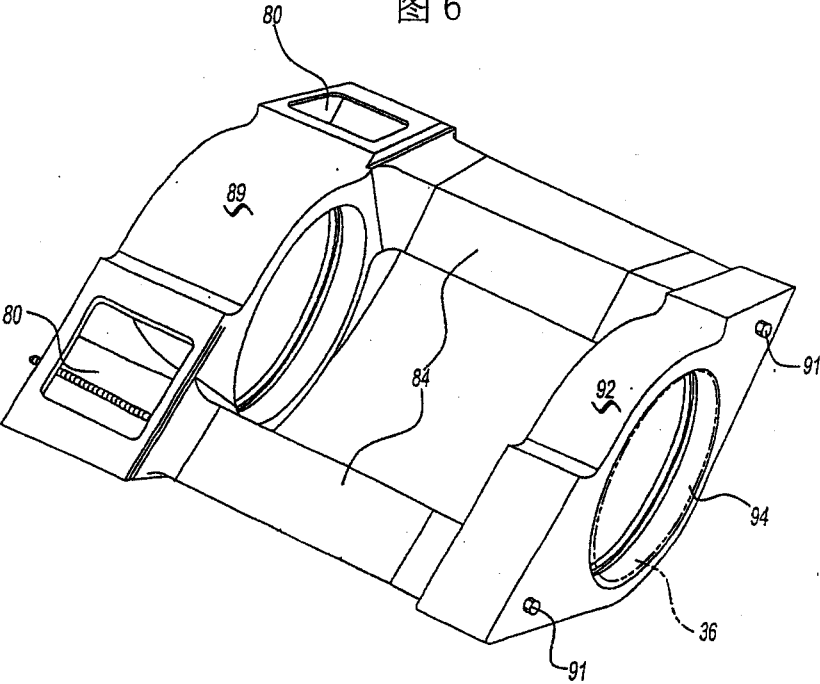


图 7

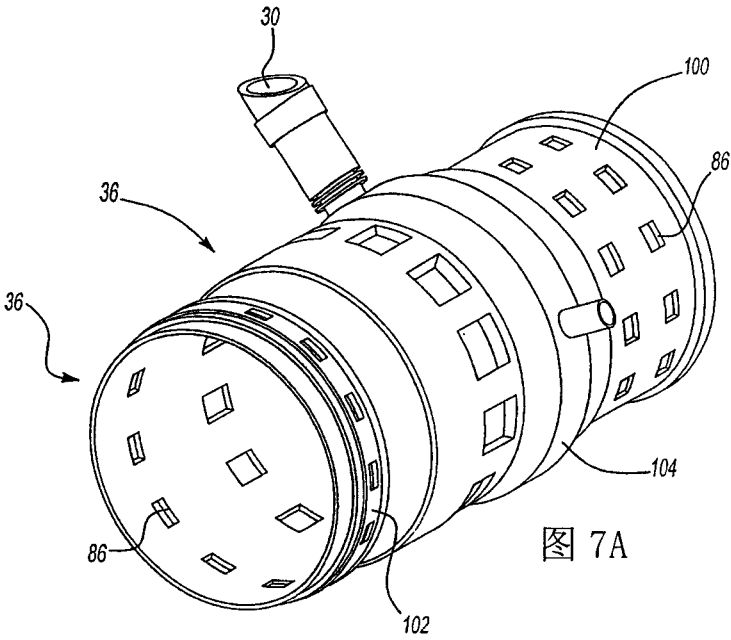


图 7A

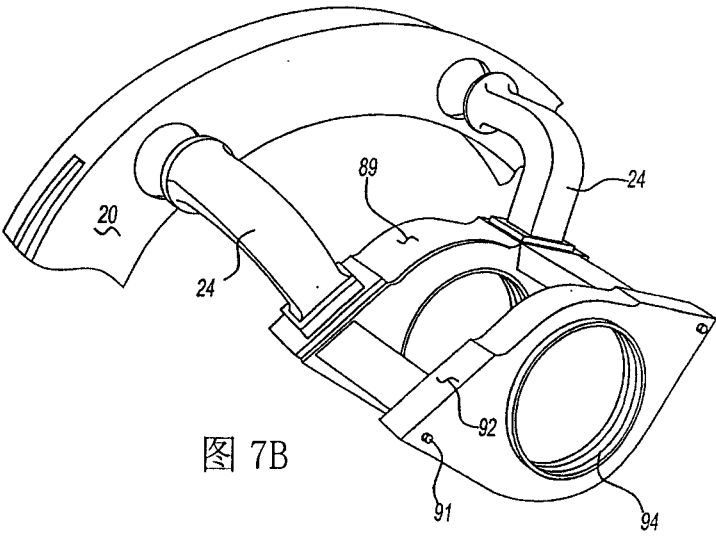


图 7B

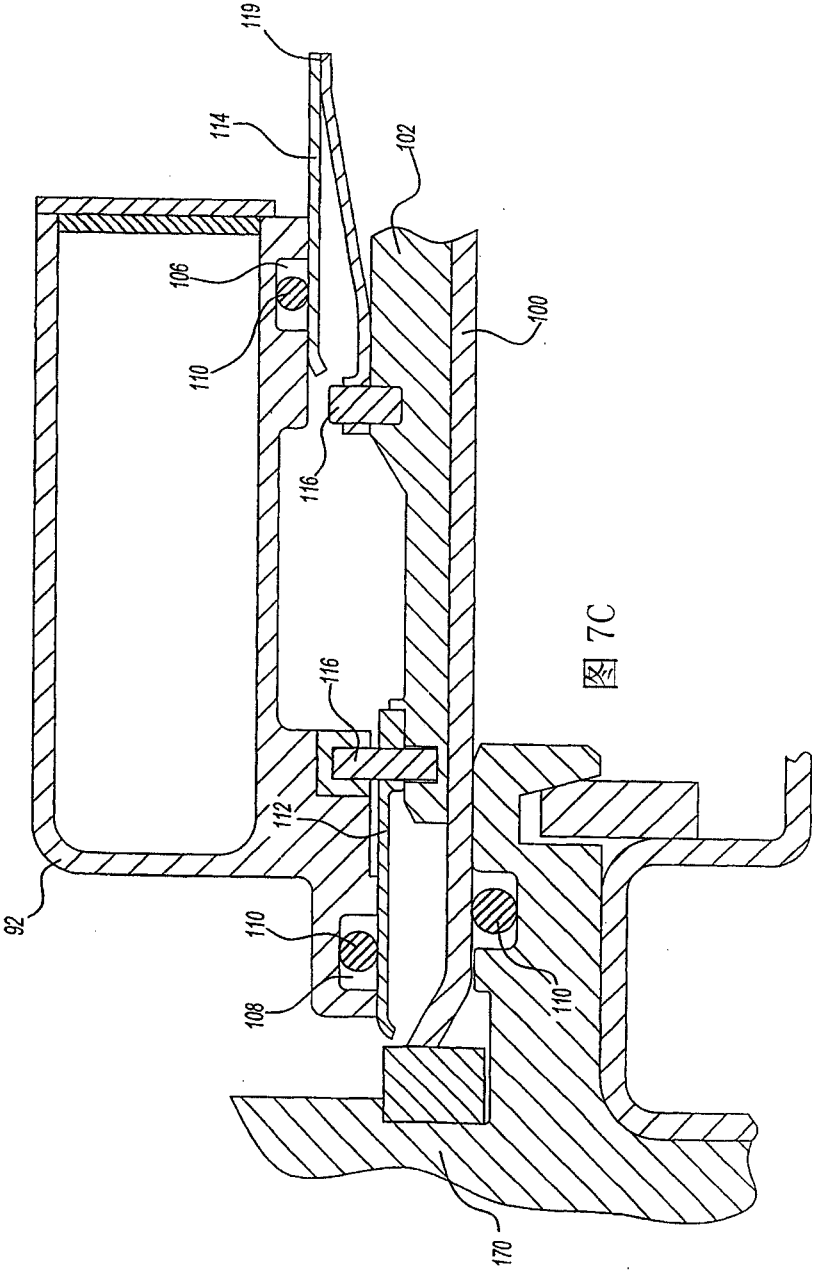


图 7C

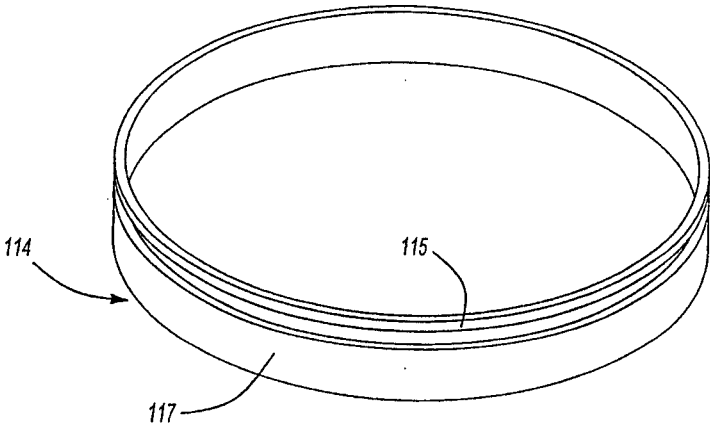


图 7D

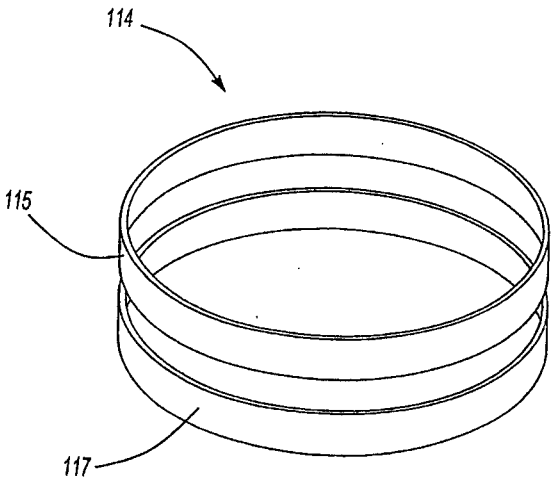


图 7E

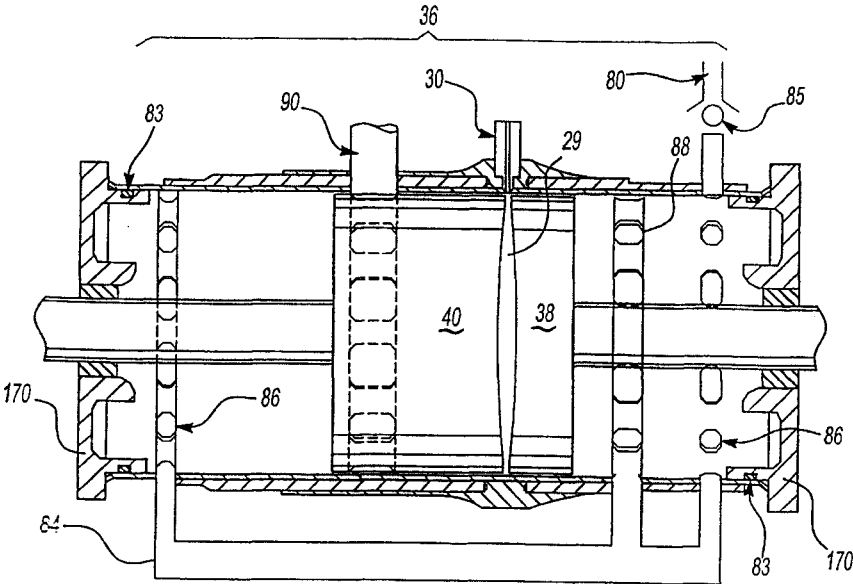


图 8A

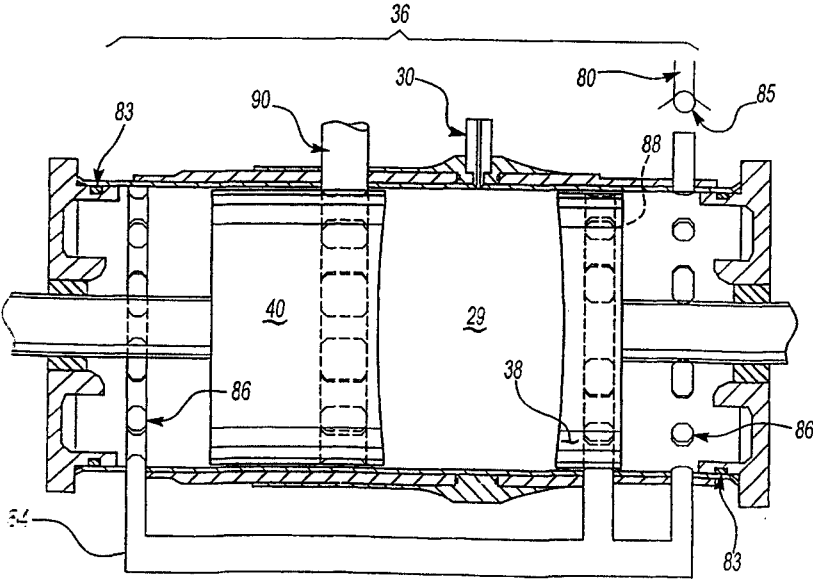


图 8B

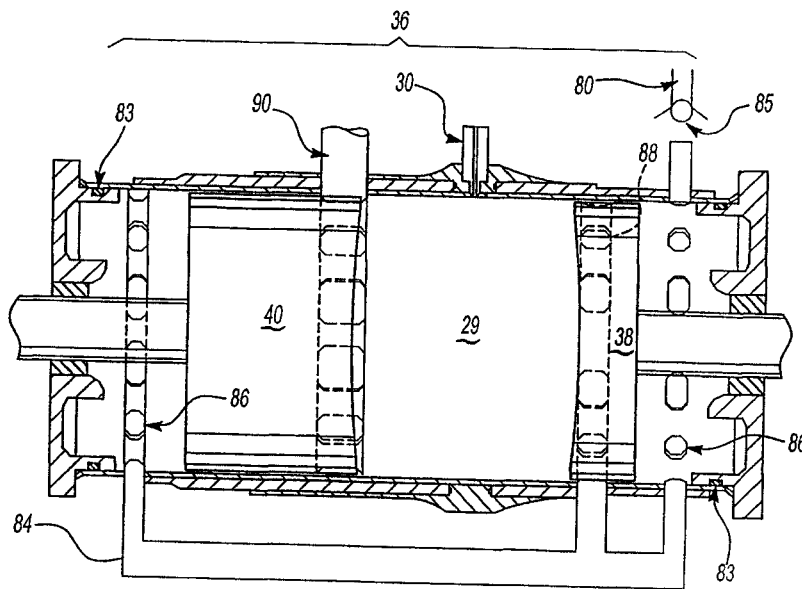


图 8C

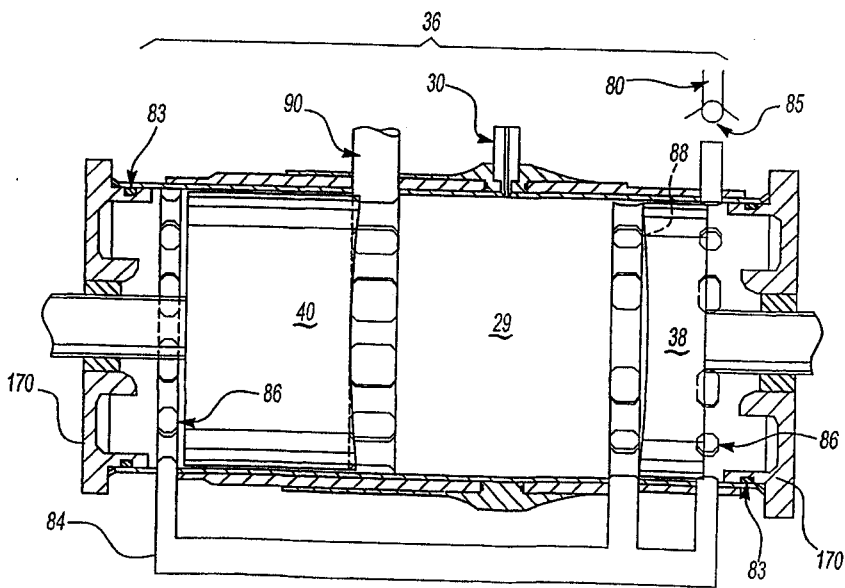


图 8D

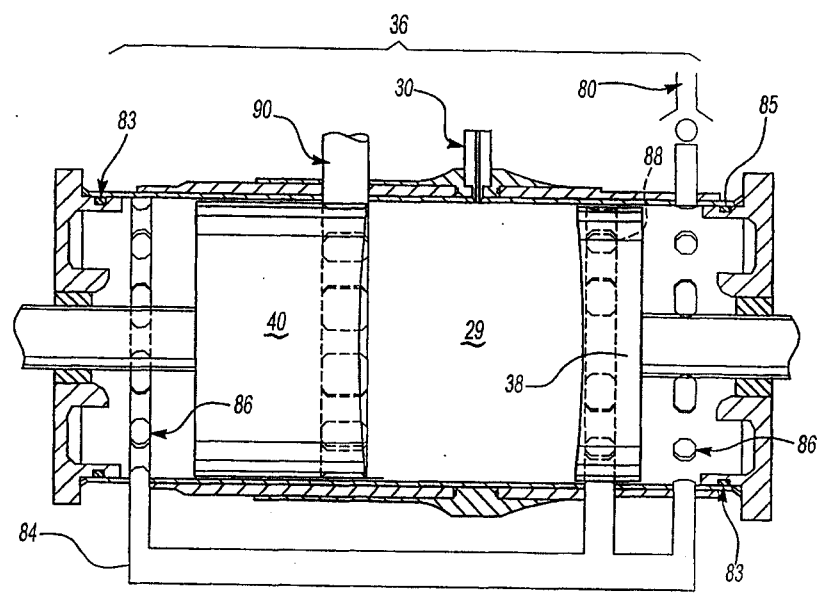


图 8E

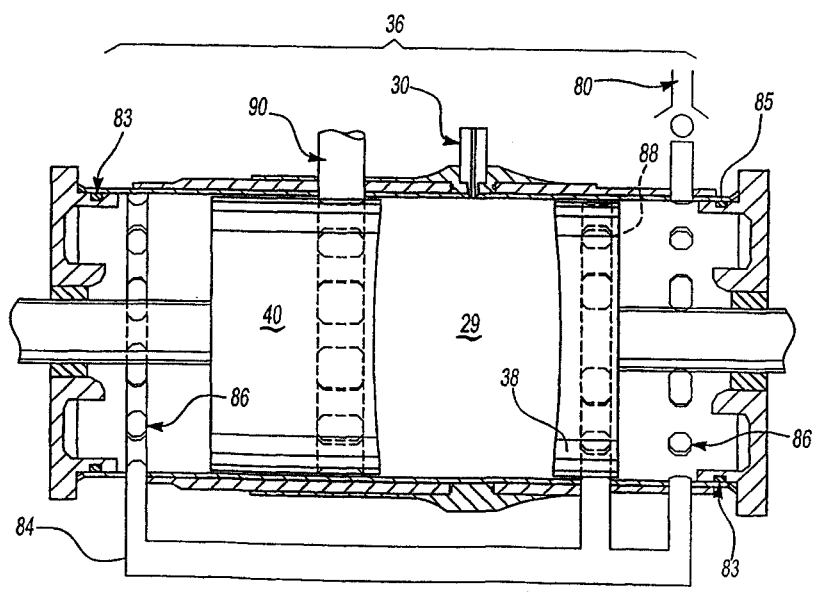


图 8F

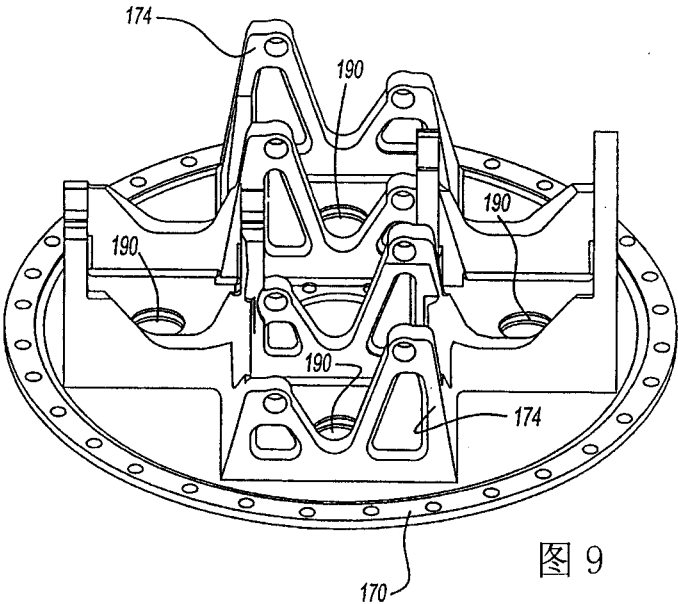


图 9

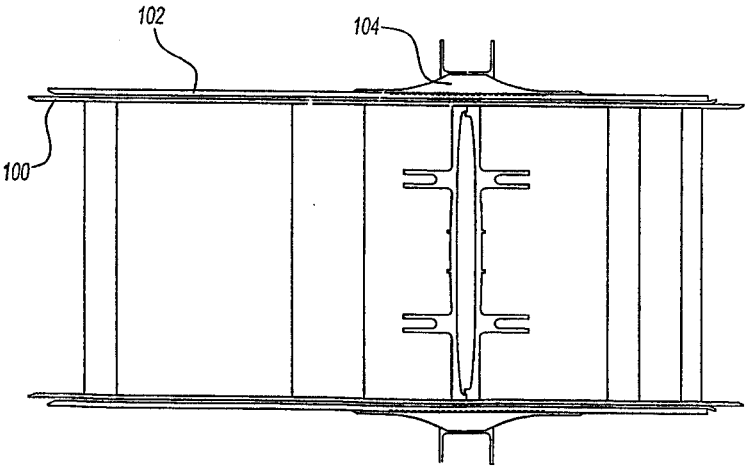


图 10

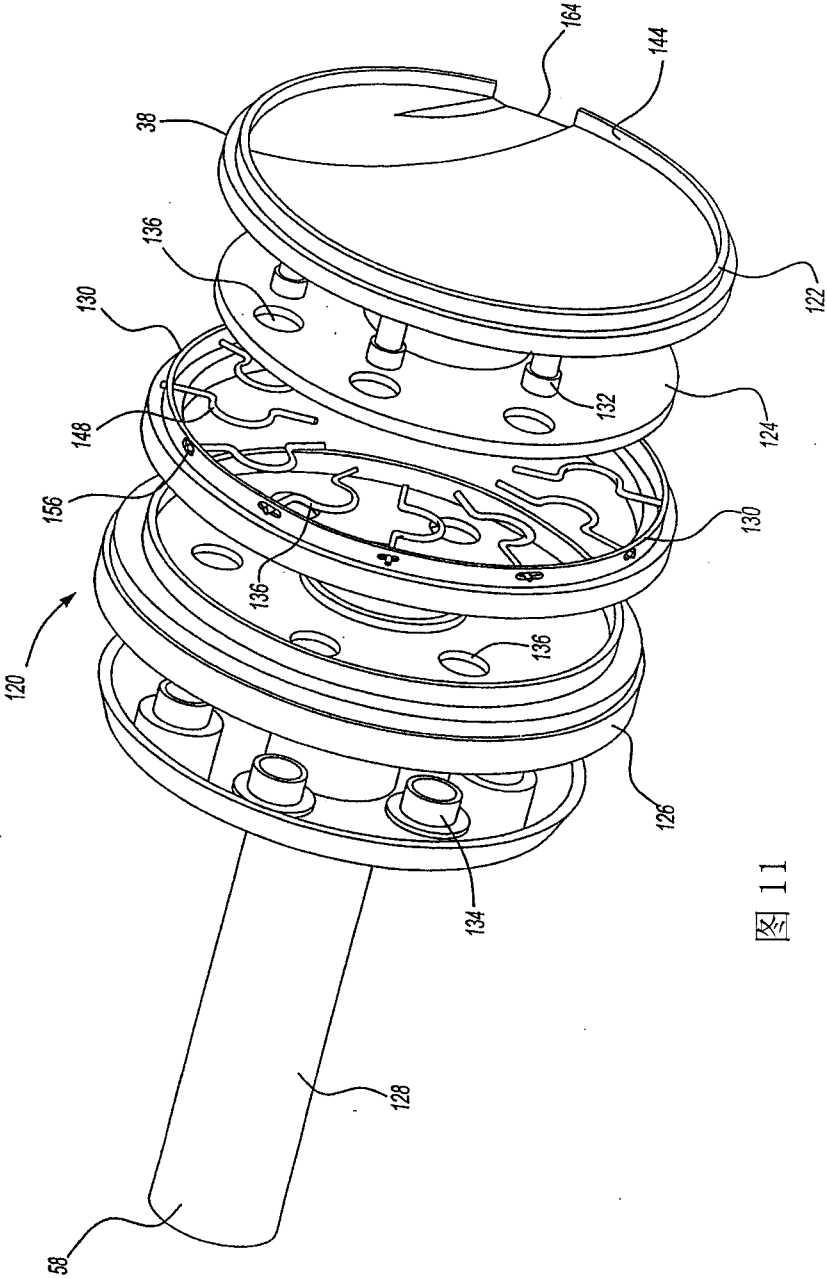
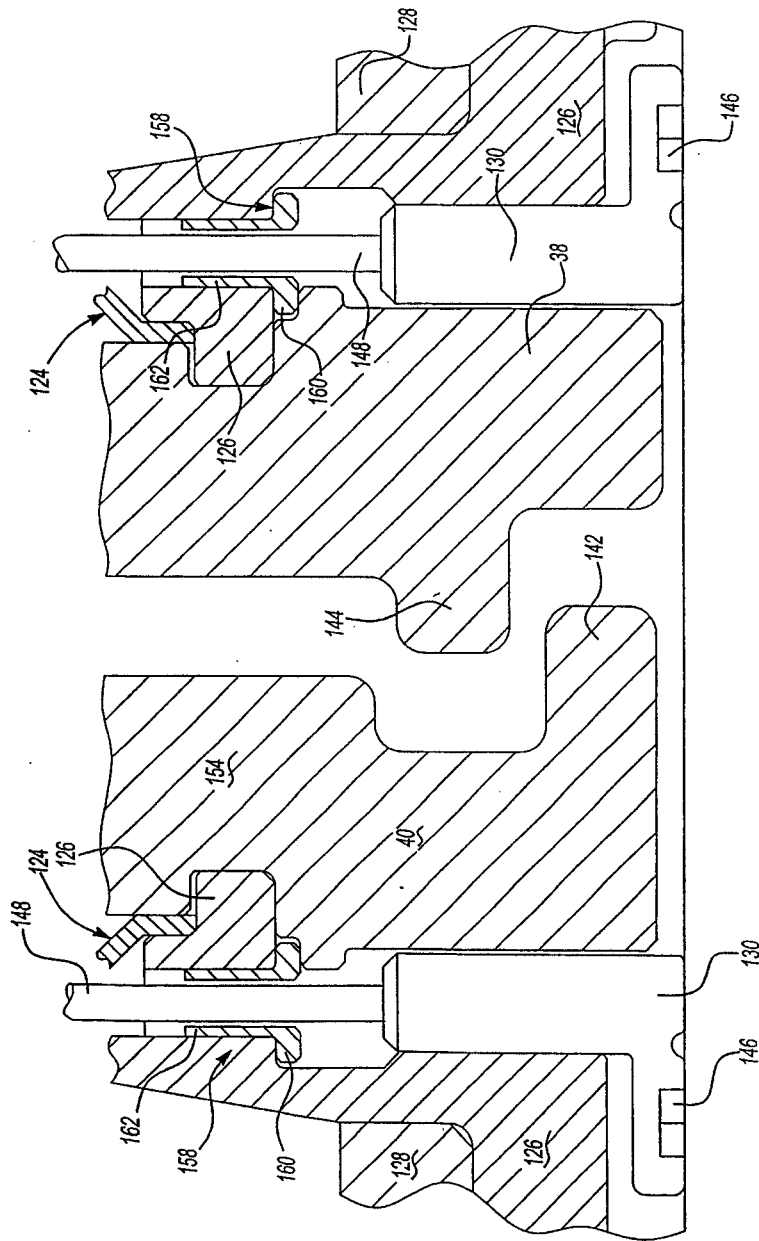


图 11

12

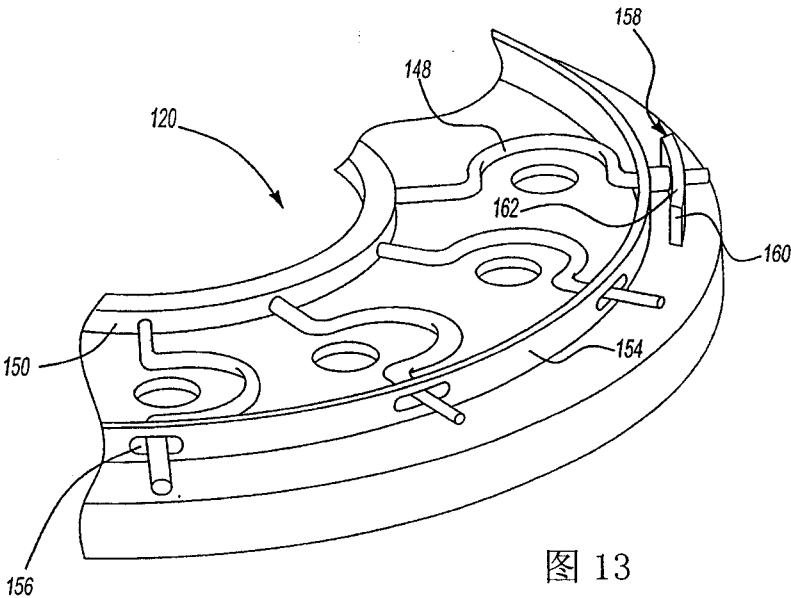


图 13

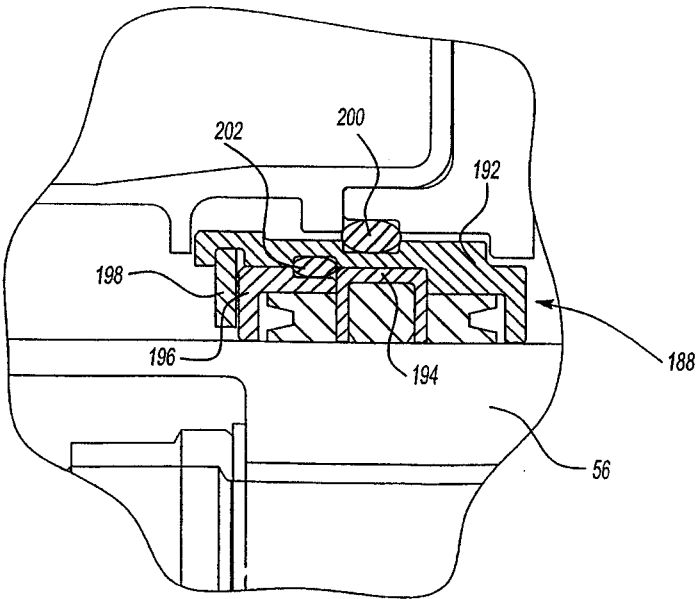


图 14

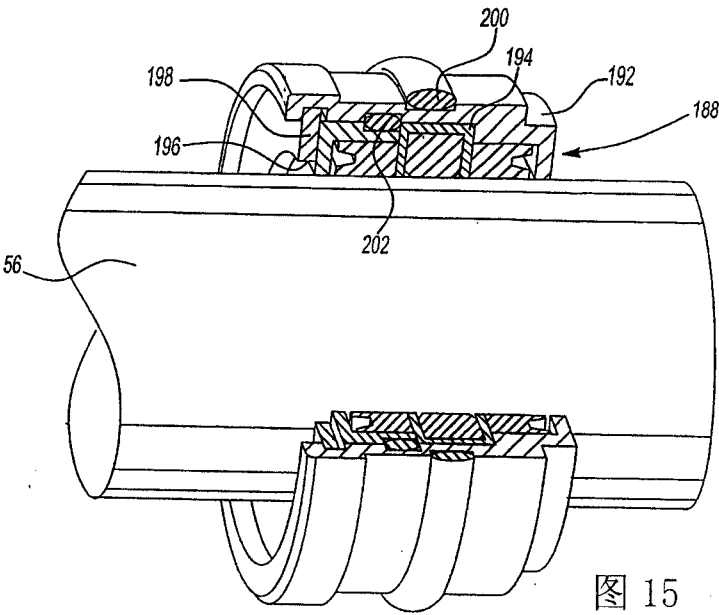


图 15

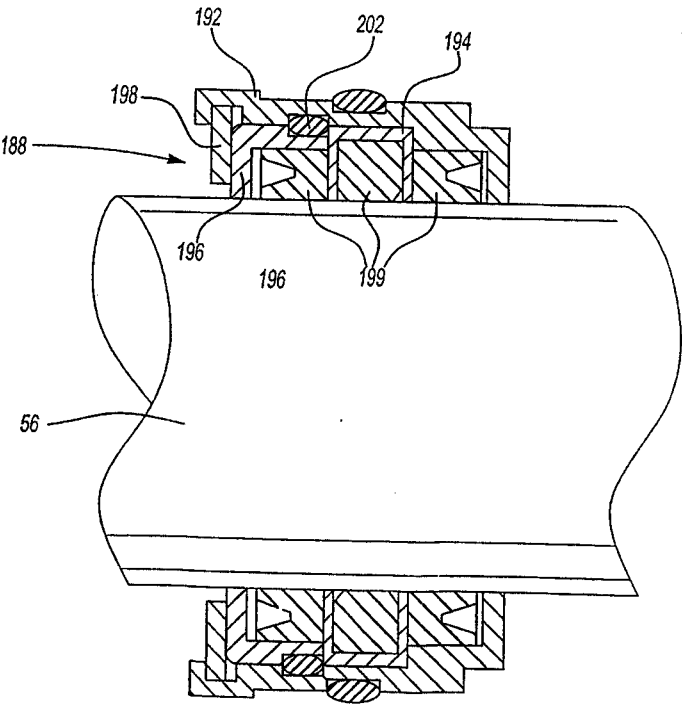
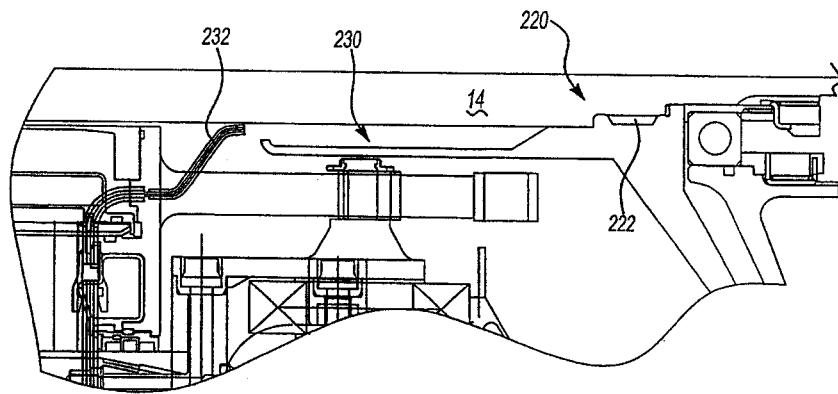
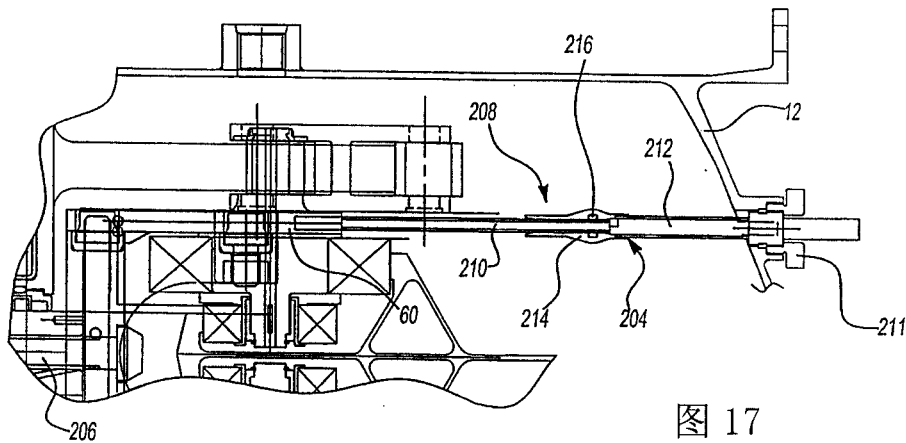


图 16



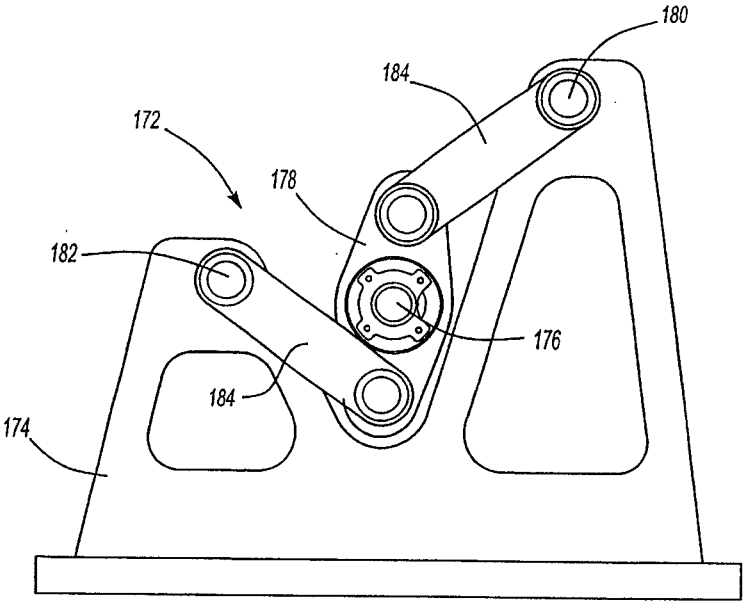


图 19

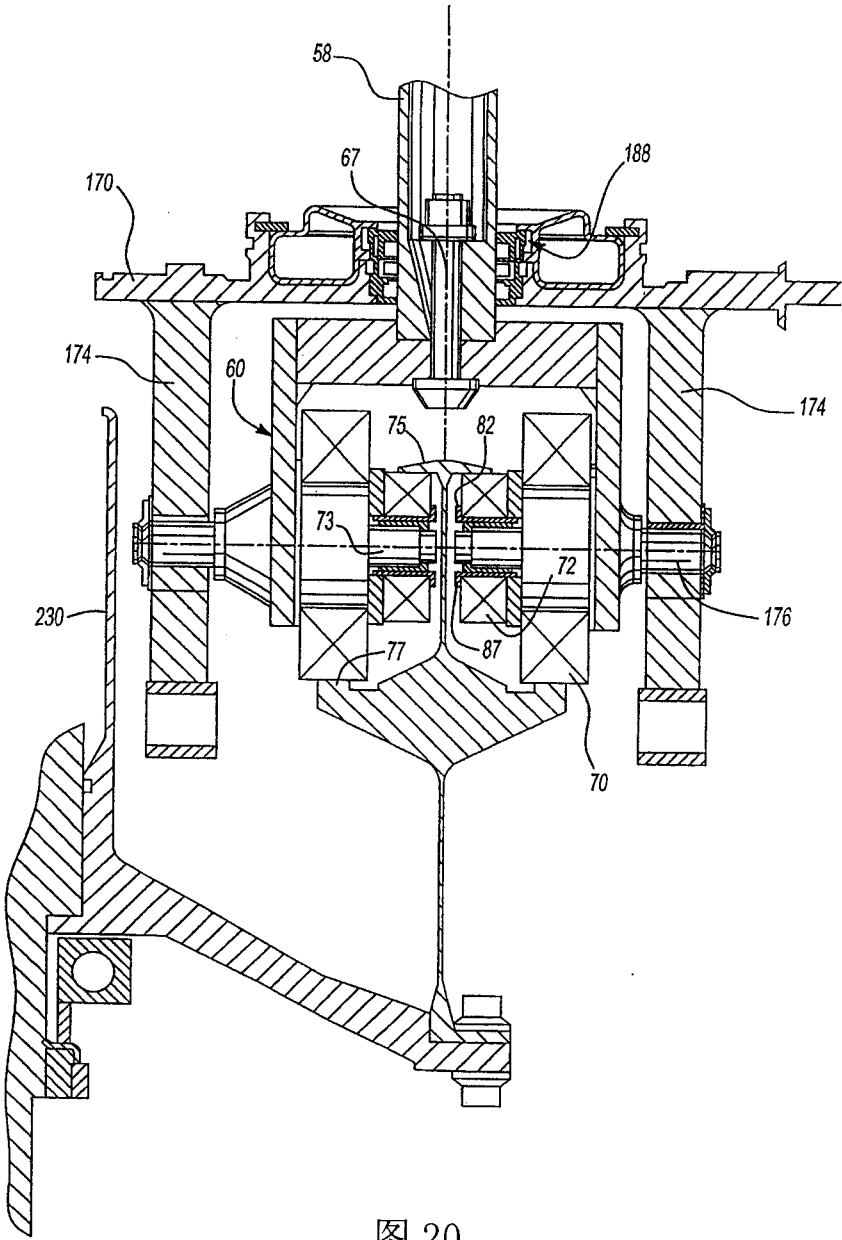


图 20

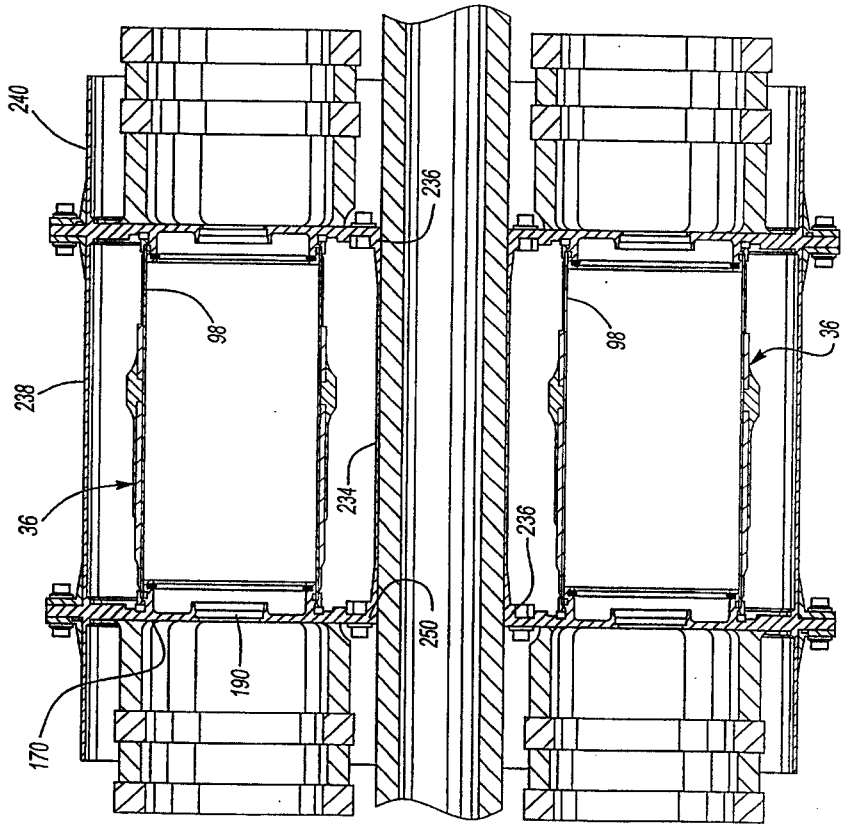


图 21

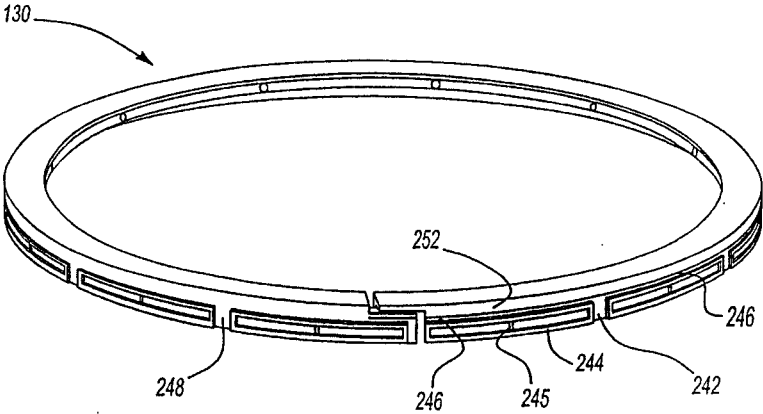


图 22

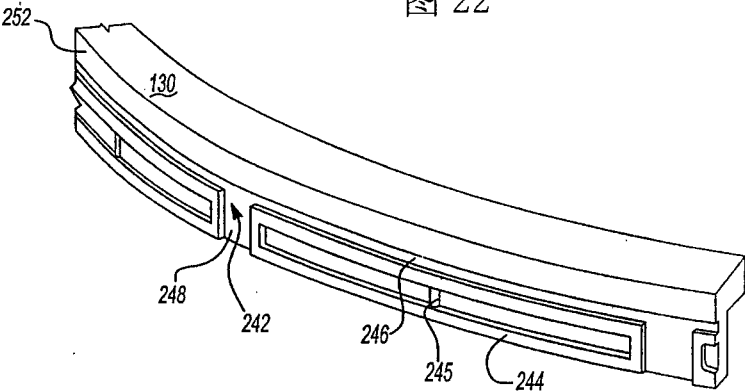


图 23

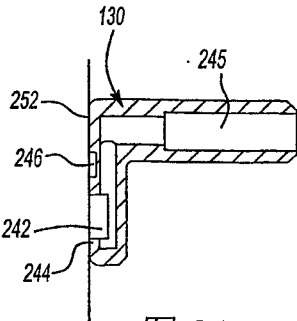


图 24

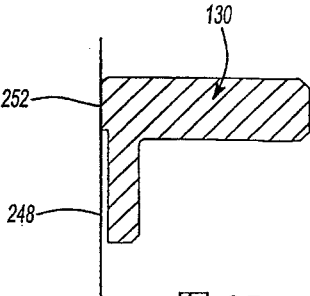


图 25